

Fitomonitorização na vinha – Importância para a gestão da rega

Liliana Marina Martins da Silva

Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em

**Engenharia Agronómica
Ramo de Hortofruticultura e Viticultura**

Orientador: Doutor Carlos Manuel Antunes Lopes

Juri:

Presidente - Doutor José Luís Monteiro Teixeira, Professor Associado do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa.

Vogais - Mestre Ricardo Jorge Lopes do Egito, Assistente Convidado do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa

- Doutor Carlos Manuel Antunes Lopes, Professor Associado com Agregação do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa.

Agradecimentos

Aos meus pais por todo o apoio, dedicação e sacrifício ao longo destes anos por mim e, pela confiança depositada nas minhas decisões e objetivos a alcançar.

Ao João Penetra por todo o apoio, carinho, companhia e incentivo durante a realização deste trabalho escrito.

Ao Professor Doutor Carlos Lopes, orientador desta tese, pela dedicação, incentivo e confiança depositada em mim durante o trabalho de campo, bem como a sua orientação, ensinamentos e contribuição na elaboração deste trabalho.

Ao Engenheiro Ricardo Egípto pela amizade, incentivo e orientação sempre demonstradas durante o trabalho de campo, bem como a disponibilidade e ajuda preciosa durante o tratamento de dados.

Ao Doutor Miguel Costa pela amizade, apoio, e incentivo demonstrados durante o trabalho de campo e pela revisão do trabalho escrito.

Ao Engenheiro Rui Flores da Herdade do Esporão pelo apoio e disponibilidades demonstrados durante o trabalho de campo, bem como a sua amizade demonstrada sempre que necessário durante a minha passagem por Reguengos de Monsaraz.

Ao colega e amigo Miqueias Permanhani pela sua ajuda e companheirismo na recolha de dados de campo.

Ao Engenheiro João Graça e ao Engenheiro João Fernandes pelo apoio e ajuda na recolha de dados de campo.

Aos meus colegas e amigos Erik Sequeira, Marina Jaques, Natacha Vieira, Soraia Rodrigues, Ana Martin Ariza, Kawtar Bouassel, Nathalia Cardoso, Glefferson Honorato, Maria do Carmo Miranda e Sofia Silva pela amizade e apoio durante o meu percurso no mestrado.

À D.Ermelinda Barata pela amizade e incentivo.

À colega Anna Isabella Mele pela ajuda na recolha dos dados de campo.

À empresa Agriciência pela colaboração na parte tecnológica.

A pesquisa que levou a estes resultados recebeu fundos do Programa “Seventh Framework” da Comunidade Europeia (FT7/2007-2013) sob o acordo garantido nº FT7-311775; Projeto Innovine (“Combining innovation in vineyard management and genetic diversity for a sustainable viticulture”).

Dedico este trabalho em especial à memória da minha avó Cecília por sempre ter estado ao meu lado durante toda a minha vida e por sempre ter apoiado e acreditado que eu seria capaz de alcançar mais esta meta na minha vida.

Índice de Abreviaturas

ASW – Actual soil water

BBCH – Biologische Bundesanstalt, Bunddessortenamt and Chemical Industry – escala fenológica

E – Espessura da sebe

Ec – Espessura da sebe ao nível dos cachos

Et – Espessura da sebe no topo da vegetação

ETc – Evapotranspiração cultural

FDR – Frequency domain reflectometry

FTSW – Fraction transpirable soil water

GSM – Global System Mobile

GPRS – General packet ratio service

H – Altura da sebe

IRGA – Infrared Gas Analyser

NCF – Número de camadas de folhas

PVC – Polyvinil chloride

RDI – Regulated Deficit Irrigation

SDI – Sustainable Deficit Irrigation

SFE – Superfície foliar exposta

SWC_{fc} – Soil water content at field capacity

SWC_{min} – Soil water content minimum

TTSW – Total transpirable soil water

Ψ_b – Potencial hídrico foliar de base

Ψ_{fd} – Potencial foliar diurno

Resumo

O presente trabalho integra-se no projeto europeu INNOVINE (FP7 – 311775), visando apresentar resultados de um ensaio realizado na região vitícola do Alentejo, Reguengos de Monsaraz. Neste local foram instalados vários fito-sensores para ajuda na gestão de duas estratégias de rega deficitária, RDI – Regulated Deficit Irrigation e SDI – Sustainable Deficit Irrigation, conjugados com a monitorização de parâmetros fisiológicos na casta “Touriga Nacional”.

Em cada modalidade de rega foi selecionada uma videira representativa, onde foram instalados os sensores de fitomonitorização (temperatura das folhas e temperatura dos bagos) e um sensor de humidade do solo.

A modalidade SDI apresentou valores de potencial hídrico de base e diurno superiores aos da RDI.

Verificou-se que as videiras sujeitas à modalidade RDI mostraram uma melhor eficiência do uso intrínseco da água ao longo do período estudado. Também foi observada uma elevada capacidade de recuperação das videiras sob uma situação de stresse hídrico, com maior evidência na RDI.

As temperaturas das folhas oscilaram entre os 9,8°C e os 49,6°C na modalidade RDI e, entre os 9,8°C e os 45,2°C na modalidade SDI, tendo sido a folha a poente da sebe a registar as temperaturas mais altas.

As temperaturas dos bagos oscilaram entre os 10,6°C e os 49,6°C na modalidade RDI e, entre os 10,6°C e os 51,9°C na modalidade SDI, tendo sido o bago a poente exposto a registar as temperaturas mais altas.

O coeficiente de determinação obtido na relação entre o potencial de base (ψ_b) e a fracção de água do solo transpirável (FTSW), permite considerar a FTSW como um robusto estimador do ψ_b e, assim, preconizar a sua utilização no apoio à gestão da rega da vinha, em substituição da medição do ψ_b que é um método destrutivo, e que tem o grande inconveniente de ter de ser feito de madrugada.

Palavras-chave: Fitomonitorização, Rega Deficitária, Temperatura do bago, Temperatura da folha, Touriga Nacional

Abstract

The present work is integrated in the European project “INNOVINE”, (grant agreement nº FT7 – 311775), and presents the results of a test done in the Alentejo, Reguengos de Monsaraz wine region. On this site, several phyto-sensors were installed to help manage two deficit irrigation strategies, RDI – Regulated Deficit Irrigation and SDI – Sustainable Deficit Irrigation, together with the monitorization of physiological parameters on the “Touriga Nacional” grape varietal.

For each modality of irrigation, a single representative vine was selected, where the phyto-monitorization sensors were installed (to measure leaf temperature and berry temperature), as well as one sensor to measure soil humidity.

The SDI modality showed higher values of predawn and diurnal water potential than RDI.

The vines subjected to the RDI modality showed higher intrinsic water use efficiency throughout the study period. We also observed a high recovery capability of the vines after suffering water stress, especially with the RDI modality.

The leaf temperatures for RDI oscillated between 9,8°C and 49,6°C and between 9,8°C and 45,2°C for SDI, with the leaf to the west of the hedge registering the highest temperature.

The berry temperatures oscillated between 10,6°C and 49,6°C for RDI and between 10,6°C and 51,9°C for SDI, with the berry exposed to the west registering the highest temperature.

The coefficient of determination obtained in the relationship between predawn leaf water potential (ψ_b) and the fraction of transpirable soil water (FTSW), allows us to consider the FTSW as a robust estimator of ψ_b and thus advocate their use in irrigation management, replacing the ψ_b which is a destructive method and has the major drawback of having to be done at dawn.

Key Words: Phytomonitoring, Sustainability, Deficit irrigation; Temperature; Touriga Nacional

Índice

Agradecimentos	ii
Índice de Abreviaturas	iii
Resumo	iv
Abstract	v
1.INTRODUÇÃO E OBJETIVOS	1
2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 – Sustentabilidade da vinha.....	3
2.1.1. - Sustentabilidade e viticultura sustentável.....	3
2.1.2 – Alterações climáticas e sua influência na vinha.....	3
2.2 – Influência das disponibilidades hídricas no crescimento e desenvolvimento vegetativo e reprodutivo da videira	5
2.3 – Rega deficitária	7
2.4 – Fitomonitorização	8
2.4.1 – Fitomonitorização na gestão da rega.....	8
2.4.2 – Ferramentas de recolha de informação ecofisiológica.....	10
2.4.2.1 – Sensores para recolha pontual de dados.....	10
2.4.2.2 – Sensores para recolha contínua de dados	12
2.5 – Casta	14
2.5.1 – Touriga Nacional	14
2.5.2 – Porta enxerto.....	15
3 - MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1 – Localização e caracterização do ensaio	17
3.2 – Clima	18
3.3 – Solo das parcelas.....	18
3.4 – Delineamento Experimental	19
3.5 - Regas	19
3.6 – Operações culturais	20
3.7 – Fitomonitorização	20
3.7.1 – Instalação dos Sensores de Recolha de Dados Continua.....	20
3.7.2 - Datalogger e software / Recolha e Armazenamento de Dados	21
3.7.3 – Caracterização dos Sensores	21
3.7.3.1 – Sensor de humidade do solo.....	21
3.7.3.2 – Sensores de temperatura.....	22

3.7.3.3 – Teor de humidade do solo	23
3.8 – Medições da fenologia e eco-fisiologia.....	23
3.8.1 – Estados fenológicos	24
3.8.2 – Potenciais Hídricos	24
3.8.3 – Trocas Gasosas	25
3.8.4 – Cálculo da Fração de água transpirável do solo	25
3.8.5 – Caracterização do coberto vegetal	25
3.8.5.1 – Eleição dos sarmentos para registos de área foliar	25
3.8.5.2 – Área Foliar.....	25
3.8.5.3 – Dimensões do Coberto	26
3.8.5.4 – Número de camadas de folhas	26
3.8.5.5 – Evolução da Maturação	27
3.8.5.6 - Vindima.....	27
3.8.6 – Tratamento de Dados.....	27
4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
4.1 – Evolução fenológica.....	28
4.2 – Caracterização do coberto vegetal	28
4.3 – Dados do Fitomonitor	30
4.3.1 – Teor de humidade volúmica obtida através dos sensores fixos	30
4.3.1.1 – Evolução da humidade do solo ao longo de um ciclo de rega.....	32
4.3.1.2 – Evolução da humidade do solo após uma rega.....	33
4.3.2 – Potencial hídrico	35
4.3.2.1 - Evolução do potencial hídrico foliar de base do pintor à vindima.....	35
4.3.2.2 – Evolução do potencial hídrico foliar diurno num ciclo de rega	35
4.3.3 – Temperatura das folhas do pintor à vindima	36
4.3.3.1 – Exemplo da evolução da temperatura das folhas em dias de baixa e elevada demanda atmosférica	38
4.3.3.2 – Evolução diurna da temperatura das folhas num ciclo de rega.....	41
4.3.4 – Temperatura dos bagos do pintor à vindima.....	46
4.3.4.1 – Exemplo da evolução da temperatura dos bagos em dias de baixa e elevada demanda atmosférica	47
4.4 – Produção	51
5 – CONCLUSÕES.....	54
6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFIAS	56
Anexos	64

Índice de Ilustrações

Figura 1 – Funcionamento do sistema de fitomonitorização.....	9
Figura 2 – Sensor de SapFlow (sonda tipo Granier).....	13
Figura 3 – Parcelas do ensaio experimental: Touriga Nacional e Aragonez.....	17
Figura 4 - Evolução das temperaturas e precipitação de Janeiro a Setembro de 2015, Herdade do Esporão, Reguengos de Monsaraz.....	18
Figura 5 - Datalogger e painel solar de uma ilha de sensores.....	21
Figura 6 – Sensor de humidade do solo de uma das ilhas de monitorização.	21
Figura 7 - À esquerda: sensor de temperatura da folha; à direita: sensor de temperatura dos bagos.	22
Figura 8 - Representação gráfica da disposição dos sensores de temperatura do bago e da folha na videira.	23
Figura 9 – Sonda Diviner 2000.....	23
Figura 10 - IRGA (Infrared Gas Analyser).	25
Figura 11 - Nervuras secundária esquerda (L2e) e direita (L2d) e nervura principal (L1).	25
Figura 12 - Altura da sebe (H), espessura da sebe ao nível dos cachos (Ec) e espessura da sebe no topo da vegetação (Et).	26
Figura 13 - Evolução fenológica ao longo do ciclo vegetativo.....	28
Figura 14 - Humidade volúmica medida pelo sensor de humidade a 20 cm, 40 cm e 60 cm de profundidade – ilha #601 – RDI.	30
Figura 15 - Humidade volúmica medida pelo sensor de humidade a 20 cm, 40 cm e 60 cm de profundidade – ilha #603 – SDI.....	31
Figura 16 - Evolução diurna da fração transpirável de água no solo (FTSW) no dia 13/08/2015, correspondente ao dia antes da rega.	32
Figura 17 - Evolução diurna da fração transpirável de água no solo (FTSW) no dia 14/08/2015, correspondente ao dia da rega, com término da rega às 13:00h.....	33
Figura 18 - Evolução da fração de água transpirável do solo (FTSW em % da reserva útil) ao longo de um ciclo de rega na ilha #601 (RDI).	34
Figura 19 - Evolução da fração de água transpirável do solo (FTSW em % da reserva útil) ao longo de um ciclo de rega na ilha #603 (SDI).....	34
Figura 20 - Potenciais hídricos de base entre o pintor e a vindima, nas duas modalidades de rega.....	35
Figura 21 - Evolução dos potenciais hídricos foliares diurnos de pré-rega (13/08/2015) (A) e pós-rega (14/08/2015) (B).	36
Figura 22 - Evolução da temperatura diária das folhas no período do pintor ao final de Agosto, da ilha #601 (RDI).	37
Figura 23 - Evolução da temperatura diária das folhas no período do pintor ao final de Agosto, da ilha #603 (SDI).....	37
Figura 24 - Evolução diária da temperatura das folhas expostas a nascente, no interior e expostas a poente na sebe na ilha #601 (RDI) num ciclo de rega, com rega a 17/07/2015.	39
Figura 25 - Evolução diária da temperatura das folhas expostas a nascente, no interior e expostas a poente na sebe na ilha #603 (SDI) num ciclo de rega, com rega a 17/07/2015.	39
Figura 26 - Evolução diária da temperatura das folhas expostas a nascente, no interior e expostas a poente na sebe, na ilha #601 (RDI) num ciclo de rega, com rega a 31/07/2015.	40
Figura 27 - Evolução diária da temperatura das folhas expostas a nascente, no interior e expostas a poente na sebe, na ilha #603 (SDI) num ciclo de rega, com rega a 31/07/2015.	41
Figura 28 - Evolução diurna da temperatura das folhas (A), em comparação com os valores de ψ_{fd} (B) no dia 13/08/2015, correspondente ao fim de um ciclo de rega na modalidade RDI.	42
Figura 29 - Evolução diurna da temperatura das folhas (A), em comparação com os valores de ψ_{fd} (B) no dia 13/08/2015, correspondente ao fim de um ciclo de rega na modalidade SDI.	43
Figura 30 - Evolução diurna da temperatura das folhas (A) em comparação com os valores de ψ_{fd} (B) no dia 14/08/2015, correspondente ao início de um ciclo de rega na modalidade RDI.	44

Figura 31 - Evolução diurna da temperatura das folhas (A) em comparação com os valores de ψ_{fd} (B) no dia 14/08/2015, correspondente ao início de um ciclo de rega na modalidade SDI.....	45
Figura 32 - Evolução da temperatura diária dos bagos relativas à ilha #601 (RDI), do pintor ao final de Agosto.	46
Figura 33 - Evolução da temperatura diária dos bagos relativas à ilha #603 (SDI), do pintor ao final de Agosto.	47
Figura 34 - Evolução da temperatura dos bagos expostos a nascente, no interior e expostos a poente na sebe, na ilha #601 (RDI) num ciclo de rega com a rega a 17/07/2015.....	49
Figura 35 - Evolução da temperatura dos bagos expostos a nascente, no interior e expostos a poente na sebe, na ilha #603 (SDI) num ciclo de rega com rega a 17/07/2015.	49
Figura 36 - Evolução da temperatura dos bagos expostos a nascente, no interior e expostos a poente na sebe, na ilha #601 (RDI) num ciclo de rega com rega a 31/07/2015.	50
Figura 37 - Evolução da temperatura dos bagos expostos a nascente, no interior e expostos a poente na sebe, na ilha #603 (SDI) num ciclo de rega com rega a 31/07/2015.	51
Figura 38 - Análise de regressão entre FTSW (variável independente) e o ψ_b (variável dependente) medido em ambas as modalidades entre 3 de junho e 31 de agosto 2015. R^2 – coeficiente de determinação....	53

Índice de tabelas

Tabela 1 – Limiares de potencial hídrico para avaliação do nível de restrição hídrica da videira preconizados por Ojeda (2007).....	10
Tabela 2 - Esquema do delineamento experimental do ensaio, casta Touriga Nacional.....	19
Tabela 3 - Identificação e localização das ilhas de sensores, na casta Touriga Nacional.	19
Tabela 4 - Datas e estados fenológicos na Touriga Nacional do ensaio.	24
Tabela 5 - Parâmetros caracterizadores da densidade do coberto vegetal na casta Touriga Nacional ao pintor.	29
Tabela 6 - Efeito da estratégia de rega no rendimento e seus componentes. RDI – Regulated Deficit Irrigation e SDI – Sustainable Deficit Irrigation da casta Touriga Nacional. * - significativo ao nível de $p < 0,05$; ** - significativo ao nível de $p < 0,01$; R^2 – coeficiente de determinação).....	52

1.INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

A videira é uma das espécies vegetais cultivadas mais antigas da história, tendo-se disseminado um pouco por todo o mundo (Jones, 2007). Foi na região do Alentejo que se encontraram os primeiros indícios da cultura da vinha em Portugal. Presume-se que foi através dos Tartéssios que a videira foi introduzida nesta região e mais tarde explorada pelos Fenícios e pelos Gregos. Mas foram os Romanos a desenvolverem em mais profundidade a cultura vitícola entre os anos 31 e 27 a.C. (Infovini, 2016; Vine to Wine circle, 2016; Vinhos do Alentejo, 2011).

Embora o Alentejo tenha um elevado potencial ecológico para a produção vitivinícola, nem sempre assim foi, tendo sido durante algum tempo grande produtora de cereais. Apenas em 1988 é que esta região voltou a ter ênfase na produção vitivinícola, com a obtenção de demarcação oficial através do empenho de associações, cooperativas e produtores privados (Infovini, 2016). O Alentejo situa-se no sul do país, onde se observam bastantes planícies e algumas elevações isoladas, onde existem terroirs favoráveis ao cultivo da vinha. É uma região muito soalheira e com temperaturas bastante elevadas, rondando os 15 e os 17,5°C, cerca de 3000 horas de sol anuais e uma precipitação média anual de 500 a 800 mm (Infovini, 2016; IVV, 2016; Roteiro gastronómico de Portugal, 1997; Sograpevinhos, 2016).

O Alentejo apresenta três características climáticas bastante relevantes: a concentração de precipitação entre os meses de Outubro e Março, quando a videira está em repouso vegetativo não consumindo água; a irregularidade intra e inter anual das precipitações típica do clima mediterrânico; e o aumento da temperatura na primavera desde o final de Maio/início de Junho quando os bagos estão na fase de crescimento herbáceo promovendo uma aceleração fisiológica da videira e assim funcionando como um catalisador na extração de água do solo (Barroso e Pombeiro, 2013).

De forma a obter uma utilização adequada e eficiente de água pela videira, é importante o conhecimento da interação entre as condições climáticas da zona com as condições particulares da vinha (Barroso e Pombeiro, 2013; Chaves *et al.*, 2010). Para otimizar e compreender a resposta da videira a estas condições, poderá recorrer-se à fitomonitorização que consiste num sistema de informação de apoio à gestão das culturas. Em vinhas de onde provêm vinhos de excelente qualidade, é de extrema importância o uso deste tipo de tecnologia de última geração, para otimizar o uso sustentável de inputs como a água e para manter a qualidade das videiras, uvas e vinho. A fitomonitorização permite poupar água e ao mesmo tempo conseguir responder com certa antecedência às alterações climáticas, que será um problema cada vez maior no futuro, em especial no Mediterrâneo.

O presente trabalho está inserido no âmbito do projeto europeu Innovine (acordo garantido nº FT7-311775) – Innovation Vineyard, correspondendo ao Pacote de Tarefas 5 – Implementação de sistemas de suporte à decisão no âmbito de uma viticultura sustentável.

Através dos ensaios de campo, teve-se como principais objetivos:

- Obter informação válida da condição ecofisiológica da vinha através dos sensores instalados;
- Interpretação dos dados obtidos numa perspetiva de apoio à gestão da rega e de otimização do uso de água.

Este trabalho foi realizado na prática nas castas tintas, Touriga Nacional e Aragonez. Mas devido à enorme quantidade de dados recolhidos, apenas serão apresentados e discutidos os dados referentes às ilhas de monitorização da casta Touriga Nacional (ilhas #601 e #603), com as modalidades de rega SDI e RDI respetivamente.

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 – Sustentabilidade da vinha

2.1.1. - Sustentabilidade e viticultura sustentável

A sustentabilidade pode ser definida como a intersecção entre o meio ambiente, problemas sociais e lucro (Goode J. e Harrop S., 2011), ou seja, baseia-se em três pilares essenciais: ambiental, social e económico (Esporão, 2016).

No caso da vinha, a sustentabilidade debruça-se na economia da água utilizada para a rega, bem como na redução do uso de produtos fitofarmacêuticos e energia, entre outros aspectos. Os agricultores começam a ter consciência do impacto das suas ações no ambiente e com a temperatura ambiente a aumentar, a poupança da água torna-se crucial, tanto para o ambiente, como para o negócio do agricultor. Para que sejam obtidos bons resultados é necessário conhecimento e investimento inicial em tecnologias de ponta. Com o aumento da temperatura em diversas zonas do mundo, nomeadamente na Europa mediterrânica, tem sido cada vez mais necessário regar. De forma a economizar a água, adotam-se estratégias de rega que ajudem a diminuir o consumo de água e ao mesmo tempo obter um produto final de igual ou superior qualidade (Carvalho, 2015).

Tal como outra qualquer atividade de agronegócio intensiva, a indústria vitivinícola é uma das que mais provoca um impacto ambiental, o que obriga a um especial cuidado e, mesmo que a produção vitivinícola seja uma das mais competitivas e inovadoras, ainda carece da compreensão de alguns problemas ambientais (Barber *et al.*, 2009; Christ e Burritt, 2013; Marshall *et al.*, 2005). Sendo assim, é necessário fazer uma quantificação precisa do seu impacto a nível do uso de água. Também é de extrema necessidade que sejam feitas métricas do desempenho da água, bem como dos inputs e outputs na vinha e na adega, para assim poder avaliar o desempenho económico e ambiental (CWSA, 2011).

2.1.2 – Alterações climáticas e sua influência na vinha

As regiões vitivinícolas onde se produz vinho de qualidade, localizam-se em regiões que representam nichos climáticos de onde resultam vinhos com características específicas (Jones, 2007).

Nos últimos tempos tem-se verificado um aumento de mudanças climáticas a nível global, nomeadamente no aumento da temperatura e na distribuição da precipitação ao longo do ano (Pinto *et al.*, 2013). Os períodos de seca originados por esta irregularidade e/ou escassez de precipitação ao longo do ano, causa défices hídricos no solo, que conjugados com elevadas temperaturas e défices de pressão de vapor atmosférica, convertem a água

num dos recursos mais limitados na atividade vitícola nas regiões de clima Mediterrânico (Chaves *et al.*, 2007; Costa *et al.*, 2016).

Uma grande parte dos vinhedos está localizada em regiões com este tipo de clima, onde os défices de água no solo e na atmosfera, juntamente com temperaturas altas, exercem grandes restrições sobre o rendimento e qualidade das uvas (Chaves *et al.*, 2010).

As alterações climáticas influenciam as regiões vitivinícolas levando à escolha de castas, práticas culturais e sistemas de condução mais adequadas ao local. A evolução industrial originou um aumento da concentração de dióxido de carbono na atmosfera, que consequentemente tem contribuído para o aquecimento global, levando a que em 2016 esteja previsto um aumento médio da temperatura da superfície do planeta em 1°C (Natureza, 2015). Desde 2014 que a concentração de CO₂ ultrapassou os 400 ppm no hemisfério Norte. Todas estas alterações podem levar a invernos muito chuvosos e a verões mais quentes e secos (Natureza, 2015).

O aquecimento global também está a afetar o desenvolvimento da videira, provocando mudanças na fenologia e antecipação das vindimas em todo o mundo (Jones e Davies, 2000; Webb *et al.*, 2007).

A temperatura foliar é um fator externo que influencia a atividade fotossintética. Quando a temperatura ambiente é inferior a 20°C, a taxa fotossintética está abaixo do ótimo (Assis *et al.*, 2004). Quando a temperatura se encontra entre os 25 e os 30°C, a taxa fotossintética é ótima. Já a temperaturas superiores a 30°C, a taxa fotossintética começa a reduzir chegando quase a zero com temperaturas superiores a 45°C, pois as enzimas são inativadas, dá-se a dessecação/morte dos tecidos, o fecho dos estomas e a desnaturação de proteínas (Assis *et al.*, 2004; Vogel, 2009). A temperatura das folhas pode atingir 10°C acima da temperatura ambiente se estas estiverem em ângulo reto com a radiação solar. Mas normalmente a temperatura das folhas diretamente expostas ao sol, atinge valores entre 0,5 e 5°C acima da temperatura ambiente (Assis *et al.*, 2004).

Os problemas e limitações impostos pelas mudanças climáticas à agricultura e viticultura modernas requerem uma gestão da vinha adaptativa e mesmo predictiva com o objetivo de manter ou melhorar a qualidade do vinho (Dry e Loveys, 1998; Chaves *et al.*, 2007; Costa *et al.*, 2016; Medrano *et al.*, 2003). A utilização de sistemas de rega nestes ambientes surge de forma a evitar uma temperatura excessiva da copa e dos bagos, manter a qualidade na produção de vinho e, em casos mais extremos, garantir a sobrevivência da planta. Fornecer água em quantidade adequada aos objetivos pode favorecer o rendimento e manter ou melhorar a qualidade da uva (Chaves *et al.*, 2010; Matthews e Anderson, 1989; Santos *et al.*, 2003, 2005).

2.2 – Influência das disponibilidades hídricas no crescimento e desenvolvimento vegetativo e reprodutivo da videira

Compreender a fisiologia e atividades moleculares resultantes das respostas da videira a baixos e moderados défices hídricos é fundamental para otimizar a gestão da rega e identificar as variedades que mais se adequam a essas condições (Chaves *et al.*, 2010; Costa *et al.*, 2016).

A água exerce funções estruturais na videira sendo um elemento fulcral nos processos de transporte, transpiração e metabolismo. O sistema solo-videira-atmosfera apresenta vários pontos resistentes ao transporte de água, sendo os mais relevantes, a interface solo/raiz e ao nível dos estomas (Magalhães, 2008). Em viticultura as relações hídricas são de extrema importância, afetando diretamente a quantidade e qualidade de uvas obtidas. Fatores como as condições climáticas locais, as características do solo e sua fertilização, o material vegetal (casta/porta-enxerto), as reservas acumuladas nas partes perenes, a densidade de plantação, o sistema de condução da vinha, as condições de desenvolvimento das inflorescências no ano anterior, o manejo do coberto vegetal e a rega, vão ser fundamentais na caracterização específica do sistema solo-planta-atmosfera tendo impacto na produtividade anual e na composição quantitativa e qualitativa da uva (Castro, 2010; Costa *et al.*, 2016; Magalhães, 2008).

Não é possível controlar de uma forma tão direta o défice hídrico na viticultura de sequeiro como em regadio, mas por outro lado, existem diversas práticas culturais que permitem adequar as necessidades hídricas das videiras às condições ambientais (Gaudillere *et al.*, 2002). Uma forma dos viticultores poderem, de certa forma, controlar o estado hídrico da planta é através da escolha da casta, do porta-enxerto, da orientação das linhas, de uma boa gestão do coberto vegetal (área foliar), e da rega (Prichard, 2003; Soar *et al.*, 2006; Van Leeuwen *et al.*, 2003).

O volume de água necessária com o objetivo de produzir uvas de elevada qualidade difere de ano para ano, dependendo das condições climáticas do Inverno anterior, do ciclo vegetativo atual, da dimensão da copa das videiras e do solo (Prichard, 2003). O fator abiótico mais importante no comportamento da videira e na composição dos bagos é o solo, embora a sua influência seja complexa, uma vez que o solo interfere na absorção da água e nutrientes pela videira, assim como a temperatura na zona radicular limitando a absorção de água e nutrientes pelas raízes e, deste modo, condicionando o potencial genético da planta (Coipel *et al.*, 2006).

Durante o seu ciclo, a videira tem maior necessidade de água em três fases: no início do crescimento vegetativo; após a alimpa, quando os bagos começam a crescer; e durante a maturação para que os ácidos se possam transformar em açúcares (Vinho Verde, 2016).

A heterogeneidade das características do solo é comum no Alentejo, com elevadas irregularidades entre parcelas, tornando cada uma delas específica (Barroso e Pombeiro, 2013). Este pormenor faz com que na mesma vinha e, em conjunto com o clima da zona, as plantas tenham necessidades de água e respostas eco-fisiológicas diferentes (Barroso e Pombeiro, 2013; Egipto *et al.*, 2016; Lopes *et al.* 2014). Também é interesse referir que os melhores terrenos são escolhidos para a cultura de cereais e para exploração agro-pecuária, enquanto que a vinha e a oliveira, devido à sua rusticidade, são plantadas em solos mais pobres (IVV, 2016).

Durante o Inverno é preenchida a maior parte da reserva hídrica do solo, que irá estar disponível para a planta durante a primavera e o verão que varia com o tipo de solo e com a pluviosidade de ano para ano. Aplicar um stresse hídrico moderado através da rega deficitária, provoca uma redução da competição entre os ápices vegetativos pelos fotoassimilados, e promove o deslocamento de parte dos mesmos para os tecidos reprodutivos (Chaves *et al.*, 2010; Matthews e Anderson, 1989; Matthews e Anderson, 1988). Por outro lado, uma elevada disponibilidade de água (conforto hídrico) é prejudicial, desviando para os ápices vegetativos a fração de fotoassimilados destinada aos fenómenos reprodutivos, potenciando o crescimento vegetativo e a ocorrência de desavinho e bagoinha (Chaves *et al.*, 2010; Magalhães, 2008), e sebes demasiado densas, o que pode provocar uma maturação heterogénea e baixa qualidade da uva, bem como um aumento da susceptibilidade a pragas e doenças devido à diminuição dos níveis de radiação captada e de arejamento da sebe (Santos, 2006) e condicionamento do início da maturação, prolongando o período de desenvolvimento vegetativo em detrimento da maturação (Egipto, 2011). A conservação de humidade e não circulação de vento no interior da sebe são outras consequências. Magalhães (2008) também observou que um défice hídrico severo provoca igualmente a situação de desavinho e bagoinha.

Consequentemente, a rega excessiva promove o crescimento vegetativo, criando um impacto negativo sobre os pigmentos dos bago e o teor de açúcar, levando a uma diminuição da qualidade do vinho (Bravdo *et al.*, 1985; Dokoozlian e Kliwer, 1996). Por outro lado, pequenos suplementos de água podem aumentar o rendimento ou mesmo melhorar a qualidade da uva (Matthews e Anderson, 1989; Santos *et al.*, 2005).

A lógica subjacente da rega deficitária está em alcançar uma otimização do número, do tamanho e da qualidade dos frutos, mantendo em paralelo o vigor da videira em equilíbrio com a produção potencial. Aplicar o défice hídrico no início da temporada de crescimento dos bago, levará a uma redução da sua divisão celular (McCarthy *et al.*, 2002).

2.3 – Rega deficitária

A água é um recurso que escasseia por todo o mundo e o sector agrícola é um dos maiores e ineficientes utilizadores deste recurso (Costa *et al.*, 2007). Este problema é particularmente grave em regiões de clima seco como a Europa Mediterrânica.

A água é essencial no processo de fotossíntese e para a hidratação e turgor celular fundamentais para os processos bioquímicos existentes na videira (Souza *et al.*, 2005; White, 2003). A água é também crucial para a regulação térmica das plantas, nomeadamente das folhas/coberto (Chaves *et al.*, 2016; Costa *et al.*, 2016) e para o transporte de nutrientes.

A baixa eficiência do uso da água, em conjunto com um aumento da competição por recursos hídricos com outros setores (como o turismo e a indústria) estão a obrigar os produtores a adotar novas práticas de rega e de cultivo que visam o uso de água de forma mais equilibrada (Costa *et al.*, 2007) e recorrer a cultivares adaptadas a temperaturas mais elevadas (Hoogenboom *et al.*, 1995; Lopes *et al.*, 2014).

A maioria dos vinhedos mundiais localiza-se em regiões com seca sazonal (clima Mediterrânico) onde os défices de água no solo e atmosfera, em conjunto com altas temperaturas, exercem grandes limitações na produtividade e qualidade (Chaves *et al.*, 2010). Neste tipo de climas quentes e secos, a rega gota-a-gota aumentou o uso eficiente da água através da redução do escoamento superficial e de perdas por evapotranspiração (Costa *et al.*, 2007). Este sistema de rega é utilizada principalmente nos períodos mais secos com o objetivo de regular a disponibilidade hídrica nas vinhas (Etchebarne *et al.*, 2009), podendo esta variar na quantidade de água a fornecer e na frequência, dependendo do período fenológico. A rega deficitária surgiu como uma potencial estratégia para se poupar água sem afetar de forma significativa o rendimento e ainda obter um impacto positivo na qualidade dos frutos (Chaves *et al.*, 2010; Federes e Evans, 2006).

Neste âmbito, podem-se encontrar duas estratégias de rega deficitária, a Sustainable Deficit Irrigation (SDI) e a Regulated Deficit Irrigation (RDI). A modalidade SDI consiste numa irrigação com dotação inferior às reais necessidades das videiras durante todo o seu período de crescimento, sendo a usada pelos viticultores (Dry *et al.*, 2001). Em relação à modalidade RDI, esta teve origem num estudo feito por Chalmers e a sua equipa de trabalho em 1981 em pomares de pessegueiros (Chalmers *et al.*, 1981). Só em 1996 é que esta estratégia de rega foi aplicada em estudos na vinha por Bravdo e Naor (Bavdo e Naor, 1996). Um dos objetivos da RDI é a aplicação de um stresse hídrico num curto período de tempo, ou seja, desde o vingamento até ao pintor para um melhor controlo do tamanho dos bagos bem como do crescimento vegetativo. Esta modalidade de rega também poderá ser

aplicada após o pintor, de forma a favorecer a acumulação de antocianinas (Dry e Loveys, 1998; Dry e Loveys, 1999; Dry *et al.*, 2001).

Outro dos objetivos da estratégia de rega RDI é a economia de água a fornecer às plantas, pois é um dos fatores mais importantes relativamente à sustentabilidade deste recurso natural, bem como da economia da empresa, poupando-se assim na fatura da água e na fatura elétrica pelo tempo de trabalho das bombas reduzido (Agrossustentável, 2016).

2.4 – Fitomonitorização

2.4.1 – Fitomonitorização na gestão da rega

A fitomonitorização insere-se no conceito de agricultura de precisão e é uma forma de monitorizar em tempo real o estado da planta, tendo como objetivo uma gestão eficiente de uma determinada cultura (Carvalho, 2015; Egipto *et al.*, 2016). O conceito de agricultura de precisão já existe à algum tempo. Blackmore (1994) definiu-a como “um sistema compreensível desenhado para otimizar a produção agrícola através da adaptação cuidadosa da gestão do solo e cultura para responder às condições únicas de cada campo mantendo a qualidade do ambiente”. Esta tecnologia combina a aquisição de dados obtidos de sensores específicos e do software de processamento de dados, que apresenta informação de medição em termos de fisiologia da planta (Figura 1).

Atualmente a fitomonitorização ainda é considerada um tema muito vasto e complexo, pois são utilizados vários tipos de sensores no auxílio da gestão da rega. Os mais utilizados são os sensores de medição da humidade do solo, os de medição da temperatura das folhas bem como da temperatura dos bagos, potenciais foliares diurno (ψ_{fd}) e de base (ψ_b), condutância estomática, dendrómetros para medição do diâmetro do tronco e sensores para medição do fluxo de seiva (Loveys, 1998).

A preocupação em obter produções de qualidade, bom rendimento e ao mesmo tempo com menores custos, levou ao desenvolvimento da fitomonitorização na vinha (Carvalho, 2015; Cruz, 2013; Egipto *et al.*, 2016; Inês, 2011). Já que os fatores ambientais não podem ser controlados pelo homem, a solução está em tentar “comunicar” com as plantas para que seja possível entendê-las e posteriormente responder às suas necessidades fisiológicas em tempo real.

Cada vez mais, existe a preocupação com a disponibilidade da água necessária em diversos sectores, sendo crucial a sua gestão sustentável (Costa *et al.*, 2016; Fernández *et al.*, 2008).

Em 1993, Nilov (1993) iniciou estudos em uvas para vinho utilizando a fitomonitorização, tendo sido pioneiro nesta área.

Nos últimos anos, tem-se aperfeiçoado esta tecnologia de forma a obter um “feedback” da planta através de seus indicadores, tais como a temperatura da folha, a taxa de fluxo de seiva, microvariação do diâmetro do caule e tamanho do fruto, e até mesmo a fotossíntese (Egipto *et al.*, 2016; Ton e Kopyt, 2003). A humidade do solo e alguns fatores ambientais, tais como a temperatura do ar, velocidade do vento, radiação solar, humidade do ar e precipitação, são comumente usados pela maioria dos sistemas de controlo de rega automatizados em culturas de campo (Wolf, 1996).

A fitomonitorização informa o agricultor sobre o estado fisiológico das plantas em tempo real, através de uma análise contínua da evolução da humidade do solo e das condições microclimáticas. Tem dois objetivos principais: 1) avisar o produtor de um possível stresse hídrico/térmico das plantas em relação às condições ambientais, mesmo antes de se tornar visível e possivelmente irreversível; e 2) poder dar uma informação rápida do desenvolvimento das plantas, quando aplicadas estratégias agronómicas alternativas (Egipto *et al.* 2016; Gurovich e Alvarez, 2007).

A monitorização direta e em tempo real das plantas, tem como objetivo o ajuste de fatores controláveis da cultura, convertendo-se num padrão mundial de agricultura de precisão. Isto fará os produtores poderem adotar uma estratégia de rega adequada, permitindo avaliar a resposta da planta logo após a modificação do regime de rega e a ultrapassar as carências de água, aumentando a eficiência do seu uso (Gurovich & Alvarez, 2007; Ton & Kopyt, 2003).

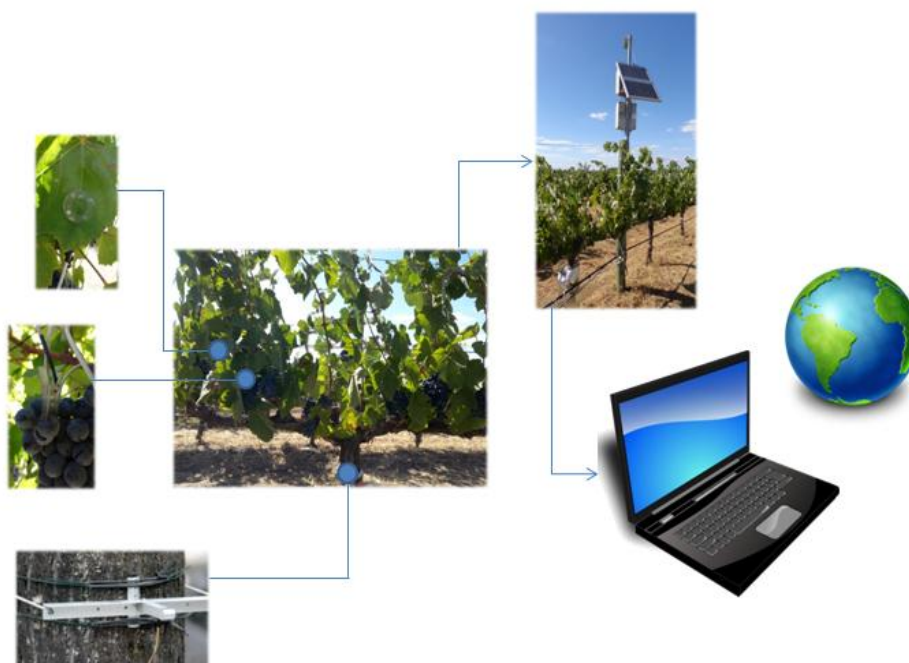


Figura 1 – Funcionamento do sistema de fitomonitorização.

2.4.2 – Ferramentas de recolha de informação ecofisiológica

2.4.2.1 – Sensores para recolha pontual de dados

Câmara de Pressão

A condição hídrica da planta é um indicador fisiológico fundamental e a sua quantificação fornece uma valiosa informação sobre o seu crescimento e desenvolvimento (Bogart, 2006).

Uma forma simples de avaliar o estado hídrico interno da planta é medir o potencial hídrico foliar. Para tal, é usada uma câmara de pressão do tipo Scholander (Scholander *et al.*, 1965), onde é quantificada a pressão necessária para retirar água de uma folha através do seu pecíolo, expressa em bar ou MPa (1 bar = 0,987atm ou 1 MPa = 9,87atm). Este método funciona da seguinte forma: retira-se uma folha da videira e, tão rápido quanto possível, corta-se um pouco da ponta do pecíolo com um utensílio afiado e coloca-se este através de um orifício existente na tampa da câmara, fixado firmemente e com a extremidade do corte do pecíolo virado para fora. O limbo fica do lado de dentro da câmara. A câmara é então selada e, de seguida, é pressurizado gás de azoto lentamente para dentro desta. Quando a pressão positiva exercida na folha é igual à pressão negativa no interior da folha, a água existente no interior da folha vai começar a ser forçada a sair pelo corte feito no pecíolo da folha. Assim que o operador observar uma gota de água na extremidade do pecíolo, fecha a entrada do gás e lê a pressão correspondente no indicador da câmara. O valor lido da pressão (bar) é igual e de sinal contrário ao potencial de água na folha (Bogart, 2006). O potencial de água na folha é um indicador simples do estado da água da folha; e quanto mais negativo o valor, mais desidratada está a folha.

Segundo Ojeda (2007), os limiares de potencial hídrico para avaliação do nível de restrição hídrica da videira preconizados por Ojeda (2007) são os apresentados na tabela 1.

Tabela 1 – Limiares de potencial hídrico para avaliação do nível de restrição hídrica da videira preconizados por Ojeda (2007).

Potencial de Base ψ_b (MPa)	Potencial Diurno ψ_d (MPa)	Défice Hídrico
$0,0 > \psi_b > -0,2$	$0,0 > \psi_d > -0,8$	Stresse nulo a leve
$-0,2 > \psi_b > -0,4$	$-0,8 > \psi_d > -1,1$	Stresse leve a moderado
$-0,4 > \psi_b > -0,6$	$-1,1 > \psi_d > -1,4$	Stresse moderado a forte
$-0,6 > \psi_b > -0,8$	$-1,4 > \psi_d > -1,6$	Stresse forte a severo
$< -0,8$	$< -1,6$	Stresse severo

Por sua vez Carbonneau (2001), apresentou outra proposta, em que os valores de potencial hídrico de base mais elevados estavam entre 0 e -0,1 MPa, o que revela ausência de

stresse hídrico, e valores mais negativos entre -0,2 e -0,5 MPa, o que representa stresse hídrico moderado.

Foram feitas medições com a câmara de pressão usando dois métodos: o potencial hídrico foliar de base, que é medido antes do amanhecer e, o potencial hídrico foliar mínimo, que é medido ao meio dia solar.

Trocas gasosas ao nível da folha com o IRGA (Infra-red Gas Analyser)

A medição das trocas gasosas é hoje em dia a técnica mais utilizada para medir a fotossíntese das folhas. Consiste na medição das diferenças de dióxido de carbono (CO_2) e da concentração do vapor de água na câmara do IRGA onde se insere a folha. Este aparelho é capaz de medir a taxa fotossintética ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$), a condutância estomática do vapor de água ($\text{mol H}_2\text{O cm}^{-2}\text{s}^{-1}$), a taxa de transpiração ($\text{mmol H}_2\text{O cm}^{-2}\text{s}^{-1}$) e a concentração de CO_2 intercelular ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$) entre outros parâmetros (Majer, 2013). A taxa de CO_2 fixada pela folha fechada na câmara, é determinada pela medição da alteração na concentração de CO_2 que flui através da câmara (Majer, 2013).

Como a concentração de CO_2 na atmosfera é apenas de 0,04% (400 ppm), é necessário equipamento que seja sensível para detetar tal concentração de CO_2 (Majer, 2013).

As vantagens deste aparelho são: não ser destrutivo e ser instantâneo na medição e obtenção dos resultados. A maior desvantagem é o facto de o aparelho ser muito pesado e pouco prático para um uso de rotina.

Sonda de medição da humidade no solo - DIVINER

Este equipamento é constituído por uma sonda que serve para medir/aferir a humidade do solo de forma indireta pelo método da Reflectometria no Domínio da Frequência (FDR), que se baseia na constante dielétrica do solo (Silva *et al.*, 2008). A constante dielétrica é a capacidade de um material não condutor em transmitir ondas ou pulsos eletromagnéticos de alta frequência. Dielétricos são materiais (normalmente sólidos) que não conduzem ou conduzem muito pouco a corrente elétrica.

Com este equipamento é possível fazer medições pontuais do estado de humidade no solo. São colocados em locais pré-definidos, tubos de PVC com profundidades variáveis de acordo com a profundidade do solo. A sonda FDR utilizada (modelo DIVINER), usa a capacitância elétrica para medir a humidade do solo, onde é criado um campo elétrico de alta frequência ao redor de cada sensor, partindo do tubo de acesso e penetrando pelo solo. A frequência medida é uma função da quantidade de água existente no solo.

Deteção remota da temperatura das plantas - Termografia

A termografia é uma técnica usada para avaliar a temperatura da superfície dos corpos através da radiação infravermelha emitida por estes, convertendo-a em imagens visíveis (Costa *et al.*, 2013). Mais especificamente, uma câmara de infravermelhos deteta a energia infravermelha (calor), convertendo-o num sinal eletrónico que posteriormente é processado para produzir a imagem térmica no monitor da câmara e, realizar os cálculos de temperatura (Costa *et al.*, 2013; FLIR, 2016).

2.4.2.2 – Sensores para recolha contínua de dados

Temperatura das folhas e bagos

A temperatura é um dos fatores que afetam a taxa fotossintética, sendo que até aos 30°C é ótima e a partir dos 35°C decresce (Assis *et al.*, 2004; Gamon e Pearcy, 1990; Hendrickson *et al.*, 2003). Afeta também a absorção de dióxido de carbono (Geiger and Servaites, 1991), a abertura dos estomas (Assis *et al.*, 2004; Leinonen *et al.*, 2006; Sadras *et al.*, 2012) e a síntese de antocianinas (Moffat, 2013; Sadras e Moran, 2012).

O vento e a radiação solar são os fatores que mais afetam a temperatura das folhas e dos bagos, principalmente as que se encontram mais a exterior do coberto. As folhas e os bagos que se encontram no interior do coberto, têm a sua temperatura mais próximo da temperatura ambiente (Vogel, 2009).

Para medição da temperatura das folhas e dos bagos são usados termopares que têm um sistema de dois fios de metais diferentes. Os dois fios são unidos numa das extremidades e nessa união é que vai ser medida a temperatura. Essa união ao sofrer mudança de temperatura, cria uma tensão (Thermocouple, 2011). Essa tensão depois é convertida para valores de temperatura. Esta união é mantida na folha através de um suporte de plástico com ímans, de forma a que estejam sempre agarrados às folhas, o que permite obter dados de forma constante e sem causar danos. É um sensor sensível, pelo que deteta pequenas variações de temperatura (Solfranc, 2016; Tradeindia, 2016). Os sensores de temperatura dos bagos contêm o mesmo mecanismo. A única diferença está em terem um mecanismo de mola de forma a se agarrarem aos bagos.

Sensor de humidade no solo

Para avaliar a água do solo, são utilizados sensores que medem a humidade existente neste de forma contínua (Centeno, 2010).

Este tipo de sensores é igual ao do princípio de funcionamento do Diviner, o FDR (Frequency Domain Reflectometry). A única diferença está em estes serem fixos no solo.

Estas sondas de humidade do solo R40, contêm no seu interior sensores capacitivos, que fazem a leitura da humidade do solo de 10 em 10 cm, armazenando dados de 30 em 30 minutos num software online, 24 horas por dia (Uavision, 2013).

Fluxo de seiva

A medição do fluxo de seiva é uma técnica da fitomonitorização que ajuda na compreensão das relações hídricas das plantas.

Este equipamento auxilia na verificação do fluxo de seiva existente entre a parte radicular e a parte aérea das plantas, possibilitando a verificação do consumo hídrico das plantas e quais as suas necessidades (Lu *et al.*, 2004).



Figura 2 – Sensor de SapFlow (sonda tipo Granier). Manual EKOMATIK

Através do fluxo de seiva obtém-se uma resposta da quantidade de água aproximada que a planta perde, pois não interfere com as condições ambientais a que as folhas estão submetidas (Fernandez *et al.*, 2011).

O sensor de fluxo de seiva, também conhecido como sensor de fluxo de seiva de Granier (Figura 5), é constituído por duas agulhas termopares, uma das quais com uma resistência de aquecimento. As agulhas, com um diâmetro de 2 mm cada, são inseridas no tronco com uma distância de 15 cm entre elas em que a agulha superior é aquecida a uma potência constante.

A diferença de temperatura entre as agulhas será o output do sensor, que é enviado para o datalogger. Essa diferença será convertida em densidade de fluxo utilizando a fórmula proposta por Granier (1985), sendo a densidade de fluxo multiplicado pela área de xilema no tronco, obtendo-se assim o fluxo de seiva.

Dendrômetros

O dendrômetro é um sensor capaz de medir as variações do diâmetro do tronco de uma forma não destrutiva, com o objetivo de avaliar o estado hídrico da planta. É constituído por uma agulha de tensão que regista os dados recolhidos com uma sensibilidade na ordem dos μm . O diâmetro do tronco varia consoante a hora do dia, ou seja, nas horas de menor calor (noite) o caule tem um diâmetro maior, pois a planta não está a transpirar. Durante as horas de maior calor (dia) o diâmetro diminui, pois a taxa de transpiração aumenta (Calbo, 2000).

Carvalho (2015), observou que quando a planta recebia mais água, o diâmetro do tronco aumentava. Isto porque a evaporação da água pelas folhas era baixa devido às condições ambientes não propiciarem a evapotranspiração e/ou, porque a rega era feita durante a noite. Também observou que o diâmetro do tronco da videira pode aumentar devido ao fecho dos estomas como resposta às altas temperaturas e a planta entrar em stresse.

Indicadores ambientais – estação meteorológica

Existem diversos fatores tais como o vento, a humidade relativa do ar, a taxa de transpiração da folha e o seu potencial hídrico, que influenciam o estado hídrico da planta. Mas é o conjunto dos fatores fisiológicos com os ambientais que provocam alteração da presença de água na planta (Champagnol, 1984).

É necessário ter em conta que não é apenas a humidade do solo que influencia o estado hídrico das plantas, mas também o ambiente atmosférico, que contribui e torna mais complexas as tomadas de decisão na rega (Ortuño *et al.*, 2006).

A radiação, a temperatura e humidade do ar, e o vento são fatores que se relacionam para que ocorra a fotossíntese, o crescimento das plantas e para a qualidade e quantidade da produção. Também são todos estes fatores que determinam a utilização de água pela videira através da transpiração e da evaporação pelo solo, denominando-se este conjunto de evapotranspiração (Champagnol, 1984; Prichard *et al.*, 2004).

2.5 – Casta

2.5.1 – Touriga Nacional

A casta Touriga Nacional é originária da região do Dão e foi posteriormente levada para a região do Douro, onde é utilizada para a produção de vinho do Porto (Infovini, 2016). Aí, por ser a mais cultivada na zona do Douro e, a que dava origem aos lotes de vinhos de gama superior, foi a que mais sofreu com a crise da Filoxera, tendo ficado considerada a casta mais nobre de entre as castas tintas (CVRDAO, 2016; Ghira, 2004; Kerridge and Gackle, 2005).

Mais recentemente, foi descoberto o seu potencial para vinhos de mesa, sendo atualmente cultivada em todo o país, dando origem a vinhos de excelente qualidade (Infovini, 2016). É uma casta autóctone de Portugal cuja área plantada tem tido um aumento significativo nos últimos anos e até despertado a curiosidade de viticultores estrangeiros (IVV, 2016; Ghira, 2004).

Em termos agronómicos, é uma casta que se adapta a diferentes tipos de solo, e com exigência de insolação e calor. É compatível com a maioria dos porta-enxertos, desde que estes se harmonizem com a disponibilidade hídrica e fertilidade do solo. É uma casta que produz cachos pequenos mas abundantes, embora seja considerada uma casta de pouca produção. Os cachos são de tamanho pequeno, alongado e compacto, com bagos arredondados, não uniformes, de cor vermelha/negra intensa coberta com bastante pruína e, com película espessa e de polpa sem cor, mole, sumarenta e de sabor peculiar. Tem bastante vigor, de porte semi-erecto, com tendência a abrolhar bastantes gomos secundários e latentes, o que leva a formar muitas netas que fazem adensar o coberto vegetal. Em termos de morfologia das folhas, estas são de tamanho pequeno a médio, de forma pentagonal com cinco lóbulos, página inferior com densidade média de pelos prostrados e eretos, com dentes curtos e rectilíneos e seio peciolar aberto em V e os seios laterais abertos em U. Em relação às pragas e doenças, é uma casta um pouco sensível ao míldio e à podridão cinzenta, sensível ao oídio, e com tendência ao desavinho (CVRDAO, 2016; IVV, 2016; Sousa *et al.*, 2007).

A Touriga Nacional é uma casta com abrolhamento e floração precoces (abrolhamento dois dias antes da Castelão e floração em simultâneo com a Castelão). O pintor e a maturação dão-se em época média (cerca de dois dias após a Castelão e uma semana após a Castelão respetivamente). Por outro lado, fizeram-se estudos no Douro em que se mostrou que a Touriga Nacional é uma casta tardia, levando esta a obter todas as características para uma maturação fenólica adequada (IVV, 2011).

Pelo facto de os bagos conterem uma concentração elevada de açúcar, cor e aromas, os vinhos produzidos com esta casta resultam em vinhos de elevada intensidade de cor, aroma intenso e complexo a frutos vermelhos, potencial alcoólico e acidez médio/altos e com ótimo potencial de envelhecimento. Na boca revela-se encorpado, cheio, taninoso e frutado (CVRDAO, 2016; Infovini, 2016; IVV, 2016; Sousa *et al.*, 2007).

2.5.2 – Porta enxerto

O porta-enxerto 1103-P (1103-Paulsen) tem origem na Sicília e é um híbrido que advém do cruzamento da família *Vitis Rupestris* com a família *Vitis Berlandieri*. As características da *Vitis Rupestris* são ter raízes duras e fibrosas; elevada capacidade de penetração no solo; pode induzir desavinho por excesso de vigor; resistente ao míldio, oídio e à filoxera e é indicado para solos pobres. As características da *Vitis Berlandieri* são a fraca capacidade de enraizamento; resistente à secura e ao calcário; resistente à filoxera e moderada resistência ao míldio; boa adaptação a climas quentes e secos e a solos de baixa fertilidade (Garrido e Mota, 2004; Magalhães, 2008).

Reunindo todas estas características, o porta enxerto 1103-P é bastante vigoroso, levando à rebentação múltipla nas castas enxertadas, originando produtividades médias/altas. É muito resistente à secura e medianamente tolerante à humidade do solo (Magalhães, 2008).

3 - MATERIAL E MÉTODOS

3.1 – Localização e caracterização do ensaio

O ensaio foi conduzido numa parcela experimental pertencente à Herdade do Esporão, localizada na sub-região Reguengos de Monsaraz, Alentejo. As coordenadas geográficas da parcela são: latitude 38.395088; longitude -7.545419. Os talhões pertencentes ao ensaio, um de Touriga nacional e outro de Aragonez, ocupam uma área de aproximadamente 11 hectares, plantados a 220 metros de altitude (Figura 2). O talhão da Touriga Nacional, onde vai incidir este trabalho, tem 5,3 hectares, com 12 anos de idade e com orientação espacial das linhas Norte-Sul. O porta-enxerto usado foi o 1103P. O compasso de plantação é de 3m x 1,5m (densidade de plantação de 2222 plantas/ha), conduzida em monoplano vertical ascendente, com uma altura de tronco de 0,65m e com uma poda em cordão Royat bilateral, com 8 talões e uma carga à poda de 16 olhos por videira, resultando num total de 35553 olhos por hectare. Os esteios são de madeira e o sistema de armação que serve de apoio à vegetação é constituído por 1 arame de formação à altura do braço, um par de arames móveis a meio da armação e um arame fixo no topo.



Figura 3 - Parcelas do ensaio experimental: Touriga Nacional e Aragonez.

3.2 – Clima

O clima da região do Alentejo tem características mediterrânicas e é classificado por Köppen-Geiger de Csa, ou seja, é um tipo de clima temperado com verões quentes e secos (Ipma, 2016). As temperaturas médias anuais variam entre os 15°C (a Norte) e os 17,5°C (a Sul). A precipitação é mais concentrada no Outono e Inverno, com uma média anual de 500 a 800 mm. Os valores de insolação anual são cerca de 3000 horas de sol por ano (Sograpevinhos, 2016).

Os dados climáticos foram colhidos diretamente da estação meteorológica da Herdade do Esporão, com recolha de dados a cada meia hora. Aqui são recolhidos temperatura média do ar, velocidade do vento, radiação solar incidente, precipitação e ponto de orvalho. Toda esta informação é armazenada num datalogger que posteriormente é transferida para uma plataforma criada pela empresa Agriciência, parceira do projecto Innovine responsável pela componente de fitomonitorização. A figura 4 mostra a precipitação e temperaturas médias de Janeiro a Setembro de 2015.

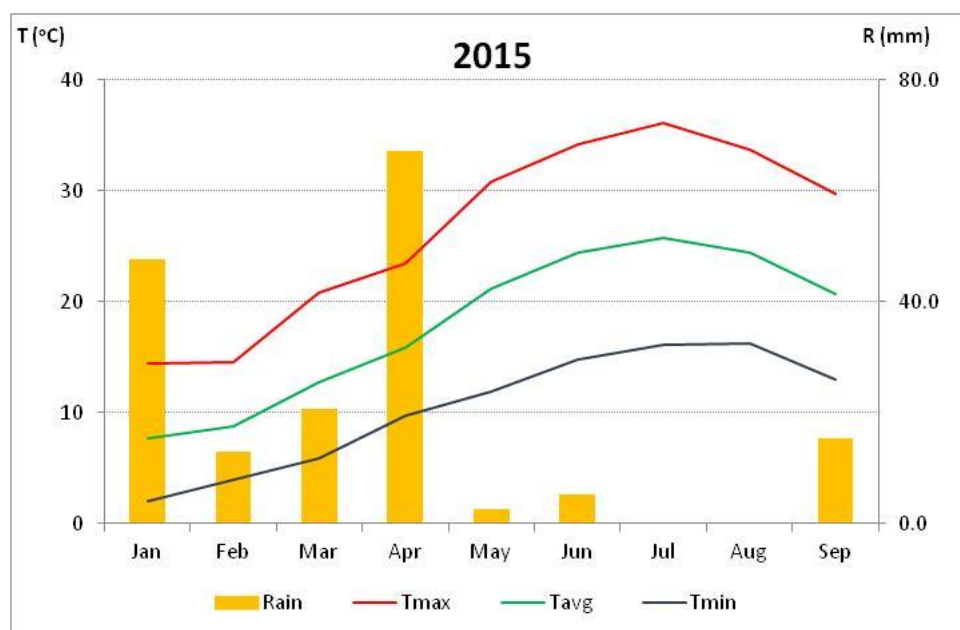


Figura 4 - Evolução das temperaturas e precipitação de Janeiro a Setembro de 2015, Herdade do Esporão, Reguengos de Monsaraz

3.3 – Solo das parcelas

As análises realizadas às amostras de solo revelaram que o solo da Touriga Nacional tem uma textura franco-arenosa, baixo teor de matéria orgânica (0,72%) e com um pH de 7,6 (alcalino).

3.4 – Delineamento Experimental

O delineamento experimental consiste num sistema de blocos casualizados, com duas modalidades de rega: SDI e RDI (Tabela 1) e quatro repetições. As linhas do ensaio foram divididas de acordo com a modalidade de rega estabelecida, SDI – 38% ETc (166,5 mm) (utilizada na Herdade do Esporão) e RDI – 25% ETc (106 mm) (cerca de 50% da SDI). O débito dos gotejadores no ciclo de rega foi de 2,2 L/h. Em cada modalidade foi instalada uma ilha de sensores, uma na linha 6 (ilha #601) e outra na linha 17 (ilha #603) (Tabela 2).

Tabela 2 - Esquema do delineamento experimental do ensaio, casta Touriga Nacional.

	BLOCO I						BLOCO II						BLOCO III						BLOCO IV					
Linha	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18						
	SDI	SDI	SDI	RDI	RDI	RDI	RDI	SDI	SDI	SDI	SDI	RDI	RDI	RDI	SDI	SDI	SDI	SDI						
						#601											#603							
Linha	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18						
	BLOCO I						BLOCO II						BLOCO III						BLOCO IV					

Tabela 2 - Identificação e localização das ilhas de sensores, na casta Touriga Nacional.

Ilha	Modalidade	Casta	Linha	Videira
#601	RDI	T. Nacional	6	7
#603	SDI	T. Nacional	17	16

3.5 - Regas

As ilhas de fitomonitorização foram instaladas num ensaio de avaliação do efeito de duas estratégias de rega deficitária (“Sustainable Deficit Irrigation” - SDI vs “Regulated Deficit Irrigation” - RDI) no comportamento fisiológico e agronómico da casta Touriga Nacional. A SDI representa a estratégia de rega usada pelo produtor (testemunha) consistindo em regas semanais, do vingamento à vindima com reposição de cerca de 0.3 a 0.4 ETc. A modalidade RDI consistiu na aplicação de uma menor dotação (~

0.47 - 0.67 ETc da SDI) de forma a induzir um maior stresse hídrico, objectivo requerido pelo projecto para efeitos de estudo da resposta da casta à modalidade.

O sistema de rega gota-a-gota utiliza gotejadores que debitaram 2,2 litros por hora e estavam distanciados 1 m entre si. A rega teve início a 15 de Maio (dia 135 do ano) em ambas as modalidades, coincidindo com o final da alimpa (Anexo 2).

3.6 – Operações culturais

Nas linhas pertencentes ao ensaio, a nossa equipa realizou o desladramento, a monda de sarmentos e o levantamento dos arames (embardamento) consoante o crescimento da vegetação. Neste ano não foi necessário fazer a despona, uma vez que os sarmentos não atingiram comprimentos acima da altura de sebe pretendida.

3.7 – Fitomonitorização

3.7.1 – Instalação dos Sensores de Recolha de Dados Continua

Foram instaladas duas ilhas de sensores, uma por modalidade, de forma a monitorizar de forma continua alguns parâmetros. Cada ilha é composta pelos seguintes sensores: um dendrómetro (diâmetro do tronco), um sensor de fluxo de seiva, 9 termopares (3 para as folhas e 6 para os bagos), um sensor de humidade do solo e um sensor de humidade no coberto vegetal (folha molhada). Cada sensor recolhe informação em intervalos regulares, de 30 em 30 minutos, sendo registadas no datalogger as médias dessas medições em intervalos de 30 minutos. Posteriormente, estes dados são transmitidos por GSM (Global System Mobile) para um servidor durante todo o ciclo em estudo (fim da floração até à vindima). De forma a ter como principal preocupação a sustentabilidade, todas as ilhas são equipadas com painéis solares, podendo assim ser auto-suficientes em gastos de recursos energéticos. A reativação das ilhas foi realizada pela empresa UAVISION a 25 de Maio de 2015. O local de instalação entre a vegetação foi de forma a não causar ensombramento sob a vegetação (Figura 5). Os dados recolhidos pelos sensores de cada ilha, serão utilizados no projeto INNOVINE, no estudo de resposta das plantas aos métodos de rega deficitária impostos.

Cada ilha de sensores compreende os vários sensores referidos na pesquisa bibliográfica. No entanto neste trabalho apenas vão ser abordados os sensores de humidade do solo, da temperatura das folhas, da temperatura dos bagos e câmara de pressão.



Figura 5 - Datalogger e painel solar de uma ilha de sensores.

3.7.2 - Datalogger e software / Recolha e Armazenamento de Dados

Os dados fornecidos pelas ilhas de sensores são armazenados informaticamente num servidor online e, posteriormente analisados através de um software desenvolvido pela empresa responsável por esta componente do projeto INNOVINE, a empresa Agriciência. Os valores de Déficit de Pressão de Vapor da Atmosfera e de Temperatura do Ar são fornecidos pela estação meteorológica pertencente à Herdade do Esporão. Estes valores são transferidos para o servidor da Agriciência e posteriormente adicionados ao software de visualização de dados.

3.7.3 – Caracterização dos Sensores

3.7.3.1 – Sensor de humidade do solo

Este sensor adquirido à empresa UAVISION (Torres Vedras, Portugal) (Figura 6) funciona com tecnologia FDR (Frequency Domain Reflectometry). Consiste numa sonda colocada no solo que permite a medição do teor de humidade a diferentes profundidades. Neste ensaio mediu-se a 20, 40 e 60 cm abaixo do nível do solo. Este sensor tem como objetivo a monitorização da humidade do solo permitindo visualizar a distribuição da água da rega ao longo do perfil, o que serve de apoio à tomada de decisão da rega aumentando a robustez dos dados necessários a esta ferramenta. O output é em % de humidade volúmica.



Figura 6 – Sensor de humidade do solo de uma das ilhas de monitorização.

3.7.3.2 – Sensores de temperatura

Neste ensaio foram usados termopares para medição da temperatura das folhas e para medição da temperatura dos bagos (Figura 7).

Ambos os sensores foram adquiridos à empresa UAVISION. Os termopares são constituídos por dois fios de metal diferentes. Os dois fios são unidos numa das extremidades e nessa união é que vai ser medida a temperatura. Essa união ao sofrer mudança de temperatura, cria uma tensão (Thermocouple, 2011). Essa tensão é depois convertida para valores de temperatura. A união dos fios é mantida na folha através de um suporte



Figura 7 - À esquerda: sensor de temperatura da folha; à direita: sensor de temperatura dos bagos.

de plástico com ímans, de forma a que estejam sempre agarrados às folhas, o que permite obter dados de forma constante e sem causar danos. A temperatura é medida pelos sensores em intervalos contínuos ao longo do dia. Em cada ilha foram instalados 9 sensores: 3 nas folhas (nascente, poente e interior do coberto vegetal) e 6 nos bagos (2 em cachos localizados no exterior da sebe do lado nascente e outros dois do lado poente + dois em cachos localizados no centro da sebe). Em cada um dos cachos um num bago do lado exterior do cacho e o outro num bago do lado interior do cacho) (Figura 8). Os dados são enviados para o datalogger em °C.

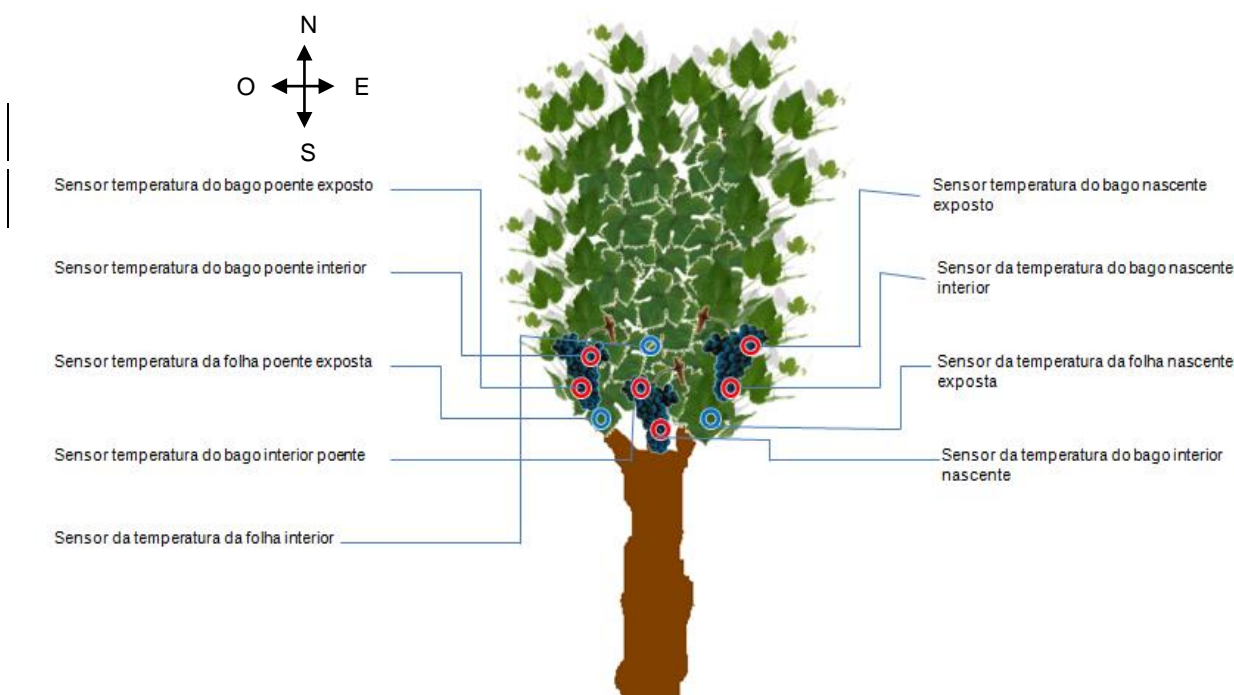


Figura 8 - Representação gráfica da disposição dos sensores de temperatura do bago e da folha na videira.

3.7.3.3 – Teor de humidade do solo

Para as medições pontuais do teor de água do solo foi utilizada uma sonda Diviner 2000, além da sonda fixa no solo R40 da empresa Uavision (Figura 9).

Os sensores fixos estavam instalados nas linhas correspondentes às das ilhas, um em cada linha.

Em relação à sonda Diviner 2000, de forma a que esta

tenha acesso ao solo, foram instalados dois tubos de PVC (policloreto de vinil) em cada linha em estudo, perfazendo

um total de 16 tubos. Os tubos estão instalados a profundidades variáveis de 90 a 130 centímetros, sendo o teor de água medido de 10 em 10 centímetros. As medições foram realizadas a par das datas das regas, antes e depois de cada rega.



Figura 9 – Sonda Diviner 2000.

3.8 – Medições da fenologia e eco-fisiologia

As seguintes medições foram realizadas no âmbito do pacote de tarefas WP1 do projeto INNOVINE. A interação entre estes dois pacotes (WP1 e WP5) é importante, visto serem necessárias medições fisiológicas para relacionar os dados dos sensores com outros indicadores fisiológicos.

3.8.1 – Estados fenológicos

A evolução da fenologia ao longo do ciclo vegetativo foi feita tendo por base a escala BBCH (Coombe, 1986; Lorenz *et al.*, 1995). A escala BBCH (Anexo 1) é um sistema para uma codificação uniforme da identificação fenológica dos estádios de crescimento das plantas e para a determinação da data da vindima após o pintor, baseando-se no grau Brix. A observação foi realizada em 3 videiras escolhidas ao acaso em linhas uteis. Efetuou-se o registo das datas médias dos principais estados fenológicos destacando-se o abrolhamento, a floração, o pintor e a data da vindima (Tabela 3). Os registos iniciaram-se dia 12 de março (dia 71 do ano) e terminaram a 24 de agosto (dia 236 do ano). Para o cálculo do grau Brix, foram recolhidos 10 bagos por linha útil, em ambas as modalidades, sendo os bagos de partes diferentes dos cachos (superior, lateral e inferior). Os valores do Brix foram obtidos com o auxílio de um refratómetro.

Tabela 3 - Datas e estados fenológicos na Touriga Nacional do ensaio.

Estado Fenológico	Data	Dia do Ano
Abrolhamento	12 de março	71
Floração	07 de maio	127
Pintor	29 de julho	210
Vindima	1 de setembro	244

3.8.2 – Potenciais Hídricos

As medições do ψ_b foram efetuadas antes do amanhecer (3:00 h) e foram realizadas todas as semanas: de 3 de junho a 24 de julho e de 17 de agosto a 25 de agosto duas vezes por semana e de 27 de julho a 14 de agosto 4 vezes por semana. Foram retiradas duas folhas adultas e sãs, do terço médio superior de um sarmento principal de duas videiras úteis junto aos tubos de acesso para medição com o Diviner, e em cada linha útil de ambas as castas. O ψ_{fd} foi realizado seis vezes/ciclos (de 12 de maio a 25 de agosto), em que cada ciclo é constituído por medições de três em três horas (8h, 11h, 14h, 17h, 19h). Foram retiradas duas folhas adultas e sãs, do terço superior de um sarmento principal do lado da videira com maior incidência solar, ou seja, do lado nascente durante a manhã e do lado poente durante a tarde, perto dos tubos de acesso para medição com o Diviner.

3.8.3 – Trocas Gasosas

As trocas gasosas ao nível das folhas foram medidas com o auxílio de um IRGA (Infrared Gas Analyzer) portátil (Figura 10), do modelo Licor 6400XT, da empresa LI-COR Biosciences, Incorporate (Nebraska, USA).

Estas medições foram feitas em paralelo com as medições do ψ_{fd} em duas folhas adultas e sãs, do lado da videira, ou seja, do lado nascente durante a manhã e do lado poente durante a tarde.



Figura 10 - IRGA (Infrared Gas Analyser).

3.8.4 – Cálculo da Fração de água transpirável do solo

Para o cálculo da Fração de água transpirável do solo (FTSW - fraction transpirable soil water) para um dia “i”, foi necessário determinar alguns valores, como o teor de água no solo no dia “i”, o teor de água no solo máximo e o teor de água no solo mínimo ao longo do ensaio através da expressão referida abaixo:

$$FTSW(i) = \frac{(Teor\ de\ água\ no\ solo\ (i) - Teor\ de\ água\ no\ solo\ (mínimo))}{(Teor\ de\ água\ no\ solo\ (máximo) - Teor\ de\ água\ no\ solo\ (mínimo))}$$

3.8.5 – Caracterização do coberto vegetal

3.8.5.1 – Eleição dos sarmentos para registos de área foliar

De forma a caracterizar a sebe das videiras onde foram instalados os sensores foram escolhidos por videira dois sarmentos saudáveis e de vigor médio, com um número de folhas e comprimento similares, onde foi medida a sua área foliar e as dimensões da sebe.

3.8.5.2 – Área Foliar

A área foliar foi calculada através do método desenvolvido por Lopes e Pinto (2005). Para amostragem foram medidos 2 sarmentos em cada uma das 3 videiras úteis de cada linha útil, perfazendo um total de 24 videiras.

Em cada lançamento eleito foi registado o comprimento do lançamento, o número de folhas

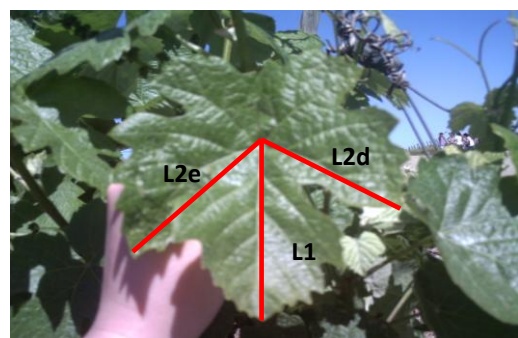


Figura 11 - Nervuras secundária esquerda (L2e) e direita (L2d) e nervura principal (L1).

em cada lançamento, os comprimentos das nervuras laterais direita (L2e) e esquerda (L2d) da maior e menor folhas, em que a folha mais pequena não pode ter menos de 3 cm de comprimento de nervura principal (L1) (Figura 11). De igual forma, foram feitas medições para a área foliar média das netas por sarmento.

A área foliar foi medida nas seguintes fases: à floração, ao pintor e à maturação.

3.8.5.3 – Dimensões do Coberto

As medições da dimensão do coberto, altura (H) e espessura (e), foram realizadas três vezes ao longo do ciclo vegetativo: à floração, ao pintor e à maturação.

Em todas as videiras eleitas, fizeram-se as seguintes medições: altura da sebe (H) entre a base e a extremidade de cada sarmento selecionado, espessura da sebe ao nível dos cachos (Ec) e espessura da sebe no topo da vegetação (Et) (Figura 12). Estas medições foram realizadas com o auxílio de uma fita métrica.

Estas medições têm como objetivo uma estimativa do perímetro exposto e, sabendo a distância entrelinha bem como da porosidade da sebe, consegue-se uma aproximação da superfície foliar exposta (SFE) por hectare (Lopes, 2001).

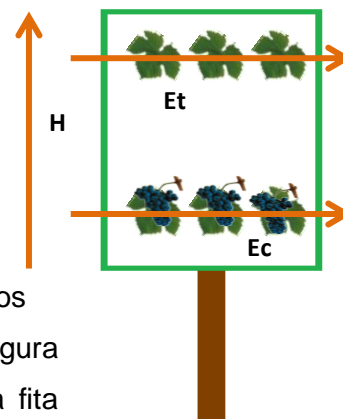


Figura 12 - Altura da sebe (H), espessura da sebe ao nível dos cachos (Ec) e espessura da sebe no topo da vegetação (Et).

3.8.5.4 – Número de camadas de folhas

A densidade da sebe (área foliar contida num determinado volume), foi medida através do número de camadas de folhas (NCF). Para estas medições, utilizou-se o método *Point Quadrat Analysis*, proposto por Smart e Robinson (1991). Este método consiste na inserção de uma vara metálica fina na zona de frutificação, simulando um feixe de luz, em intervalos regulares de 10 cm, com o apoio de uma régua graduada inserida na zonados cachos. A variável (NCF), representa o número total de camadas de folhas encontrado transversalmente de um lado ao outro da sebe. Com este método também é possível estimar a porosidade da sebe, caso não se registem contactos à passagem da vara. Estas medições foram efetuadas no mesmo dia que as medições do coberto vegetal.

3.8.5.5 – Evolução da Maturação

A evolução da maturação baseou-se na recolha de amostras de 300 bagos, por casta, por bloco (I, II, III ou IV), por modalidade de rega (RDI ou SDI) e por lado da sebe (Este ou Oeste). A recolha foi feita nas seguintes datas: 9 de julho, 23 de julho, 30 de julho, 6 de agosto, e 24 de agosto apenas para a Touriga Nacional. As análises realizadas foram: grau provável, acidez total, pH, antocianas e polifenóis. Estas tiveram lugar no laboratório de Ecofisiologia de Plantas do Instituto de Tecnologia Química e Biológica (ITQB), em Oeiras.

3.8.5.6 - Vindima

A data da vindima foi marcada atendendo aos índices de maturação observados, das análises efetuadas e das condições atmosféricas, tendo sido realizada a vindima da Touriga Nacional a 1 de setembro. Foram vindimadas as videiras úteis, tendo sido registado o número de cachos e a percentagem de bagos secos. Em 3 das videiras eleitas por linha útil para medição da dimensão da sebe foi medido o peso total de cachos por videira, o peso de cada cacho, bem como o peso dos bagos por cacho e o diâmetro de cada bago.

3.8.6 – Tratamento de Dados

Os dados apresentados neste trabalho foram recolhidos pelos sensores já referidos e, posteriormente transmitidos via GPRS (General Packet Radio Service), para um servidor da empresa Agriciência e tratados no software “*innovine_dashboard*”, podendo ser consultados em tempo real. Para apresentação dos dados sazonais e diários obtidos em 2015 neste trabalho, foram trabalhados e processados no software *EXCEL*.

Com vista à construção de um sistema de informação para apoio à gestão da rega deficitária, baseado em indicadores do estado hídrico da videira, foi elaborado um modelo de regressão linear entre o ψ_b (medido imediatamente antes e após rega), variável dependente, e a humidade do solo (variável independente) expressa em FTSW.

4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados apresentados e discutidos serão referentes às datas entre 15 de julho a 31 de agosto de 2015, correspondentes a um período de elevada demanda atmosférica. Neste período foram realizadas 9 regas em ambas as modalidades. Todos os dados encontram-se disponíveis para consulta na plataforma disponibilizada pela empresa Agriciência, no âmbito do projeto INNOVINE em:

http://servidor.agriciencia.net/innovine_dashboard/Account/Login?ReturnUrl=/innovine_dashboard.

4.1 – Evolução fenológica

Comparativamente aos resultados dos anos 2013 e 2014, a fenologia apresentou-se mais avançada.

A data média do abrolhamento foi observada no dia 12 de março (dia 71 do ano), a floração foi no dia 7 de maio (dia 127 do ano) e, relativamente ao pintor, este foi observado no dia 29 de julho (dia 210 do ano) (Figura 13).

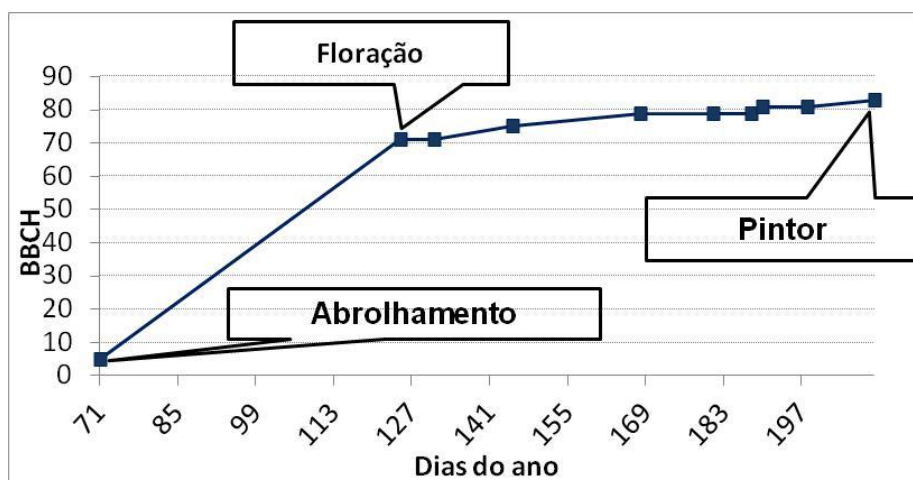


Figura 13 - Evolução fenológica ao longo do ciclo vegetativo.

4.2 – Caracterização do coberto vegetal

Na tabela 5 podem-se observar as características do coberto vegetal das videiras com os sensores, uma de cada modalidade de rega aplicada. Relativamente à área foliar total por videira e à área foliar total por sarmento, ambas mostraram ser superiores na modalidade SDI em comparação com a modalidade RDI. O mesmo acontece com a área foliar de netas por videira. Relativamente à dimensão da sebe, a modalidade SDI mostrou

ter altura maior do que a RDI enquanto na largura se obteve o mesmo valor em ambas as modalidades. A percentagem de área foliar das netas também se apresentou superior na modalidade SDI.

Relativamente aos valores da SFE da modalidade SDI mostraram ser superiores em relação aos da modalidade RDI. A superfície foliar exposta (SFE) é um parâmetro muito importante, pois é muito utilizado na análise da capacidade fotossintética da folhagem. São as folhas da superfície do coberto vegetal que recebem diretamente a radiação solar, sendo assim as que mais contribuem para a fotossíntese da planta (Chaves, 1986).

Tabela 4 - Parâmetros caracterizadores da densidade do coberto vegetal na casta Touriga Nacional ao pintor.

Parâmetros	Modalidade de rega	
	SDI	RDI
Área foliar total/Sarmento (m ²)	0,19	0,18
Área foliar total/Videira (m ²)	3,18	3,11
Área foliar netas/Videira (m ²)	0,74	0,64
Altura da sebe (m)	0,89	0,74
Largura da sebe (m)	0,36	0,36
% Área foliar das netas	23,29	20,41
SFE (m ² /ha)	7141,67	6083,33
NCF	1,7	1,9

Comparando estes valores com os dos anos anteriores, pode-se dizer que este foi um ano muito seco e que prejudicou o desenvolvimento vegetativo das plantas.

Com efeito, neste mesmo ensaio, em 2014, Carvalho (2015) obteve valores de SFE de 10496 m²/ha para a modalidade SDI e de 10406 m²/ha para a modalidade RDI.

Em relação às dimensões da sebe, os colegas dos anos anteriores (Cruz, 2013 e Carvalho, 2015) obtiveram valores superiores.

Uma explicação para estes resultados, é a de durante o inverno de 2014/2015 a precipitação ter sido escassa e de 2015 ter sido um ano com temperaturas mais elevadas que nos anos anteriores. Esta situação fez com que o crescimento dos sarmentos cessasse precocemente. Consequentemente, enquanto que nos anos anteriores foi necessário fazer uma despona, no ano 2015 essa operação em verde não foi necessária, pois a vegetação

não cresceu o suficiente. O número de camadas de folhas (NCF) ideal segundo Smart *et al.*, (1990) seria entre 1 e 1,5, mas o observado foi ligeiramente superior, sendo de 1,7 para SDI e de 1,9 para RDI. A modalidade SDI obteve dimensões da sebe superiores relativamente à modalidade RDI, o que pode ser explicado por uma maior dotação de rega na modalidade SDI, promovendo assim um maior crescimento da vegetação.

Comparando os valores de NCF com os observados por Cruz (2013) com 4,0 (SDI) e 3,0 (RDI) e por Carvalho (2015) com 2,5 (SDI) e 2,27 (RDI), são muito inferiores, devido à baixa disponibilidade hídrica no solo.

4.3 – Dados do Fitomonitor

4.3.1 – Teor de humidade volúmica obtida através dos sensores fixos

Nas figuras 14 e 15 estão representados os valores de humidade volúmica no solo (%), ao longo do tempo entre 15 de julho e 30 de agosto, nas modalidades RDI e SDI respetivamente e, os seus impactos às profundidades de 20, 40 e 60 cm. As setas a preto representam as regas realizadas durante este período e, os espaços em branco ao longo das linhas do gráfico significam que não houve registo de dados.

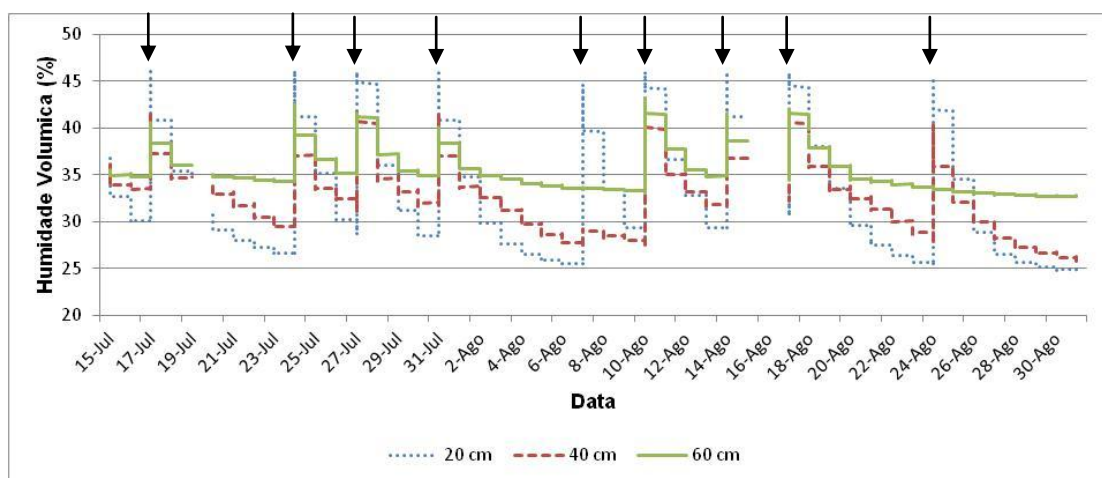


Figura 14 - Humidade volúmica medida pelo sensor de humidade a 20 cm, 40 cm e 60 cm de profundidade – ilha #601 – RDI.

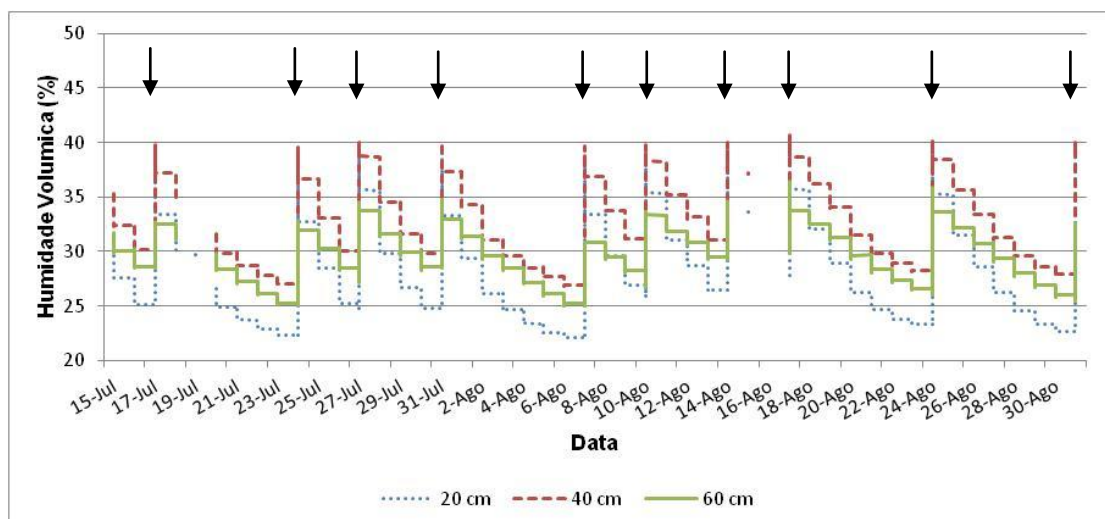


Figura 15 - Humidade volúmica medida pelo sensor de humidade a 20 cm, 40 cm e 60 cm de profundidade – ilha #603 – SDI.

Observando os gráficos, é de notar que a modalidade RDI teve 9 regas, enquanto a modalidade SDI teve 10. A rega vai influenciar o teor de água no solo, ou seja, a % de humidade volúmica no solo aumenta. Também se observa que a modalidade SDI manteve a humidade do solo nas camadas de 40 cm e 60 cm durante mais tempo em comparação com a modalidade RDI que apenas consegue manter estável o teor de humidade do solo na camada de 60 cm, mas com valores superiores à modalidade SDI.

Também é possível observar nas duas modalidades que o teor de humidade do solo vai diminuindo ao longo do tempo, mas mais acentuada na modalidade RDI. Observando os percursos diários dos ciclos de rega verifica-se que existem diferenças entre modalidades no que respeita ao nível de profundidade que a água atinge. Na modalidade SDI a água conseguiu atingir todos os níveis de profundidade, enquanto que na RDI não se verificou em 2 ciclos de rega a 07/08 onde a água não atingiu as camadas dos 40 cm e 60 cm e em 24/08 onde a água não atingiu a camada dos 60 cm, o que mostra assim os diferentes níveis de disponibilidade hídrica impostos às videiras, em ambas as modalidades.

Ao longo dos percursos diários dos ciclos de rega, observa-se que na modalidade SDI é à profundidade dos 40 cm que o solo acumula uma maior quantidade de água. Em ambas as modalidades é possível observar um maior intervalo entre regas no período final de maturação (18/08 a 30/08). Esta estratégia teve por objetivo promover um pouco mais de stresse, de forma a aumentar o teor em pigmentos (antocianinas).

4.3.1.1 – Evolução da humidade do solo ao longo de um ciclo de rega

Por forma a facilitar a visualização dos dados do sensor de humidade do solo às várias profundidades registadas (20, 40 e 60 cm), nos dias 13/08 (antes da rega) e 14/08 (pós-rega), os valores da fração de água disponível no solo foram transformados em FTSW (fração transpirável de água no solo) observados ao longo do dia. Foram escolhidas estas datas por se terem também realizado as medições dos ψ_{fd} .

Na figura 16 estão representados os valores da FTSW observados no dia 13/08. Observa-se no dia antes da rega que em ambas as modalidades, os valores de FTSW eram apenas de 48% e de 38% para as modalidades SDI e RDI respetivamente no início do dia. Estes valores fazem sentido, uma vez que a modalidade RDI recebe menos água comparativamente à modalidade SDI, o que também pode ser verificado através dos resultados da temperatura das folhas no ponto 4.3.3.2. A FTSW, em ambas as modalidades, sofreu uma redução de cerca de 10% desde o início do dia até estabilizar por volta das 19h.

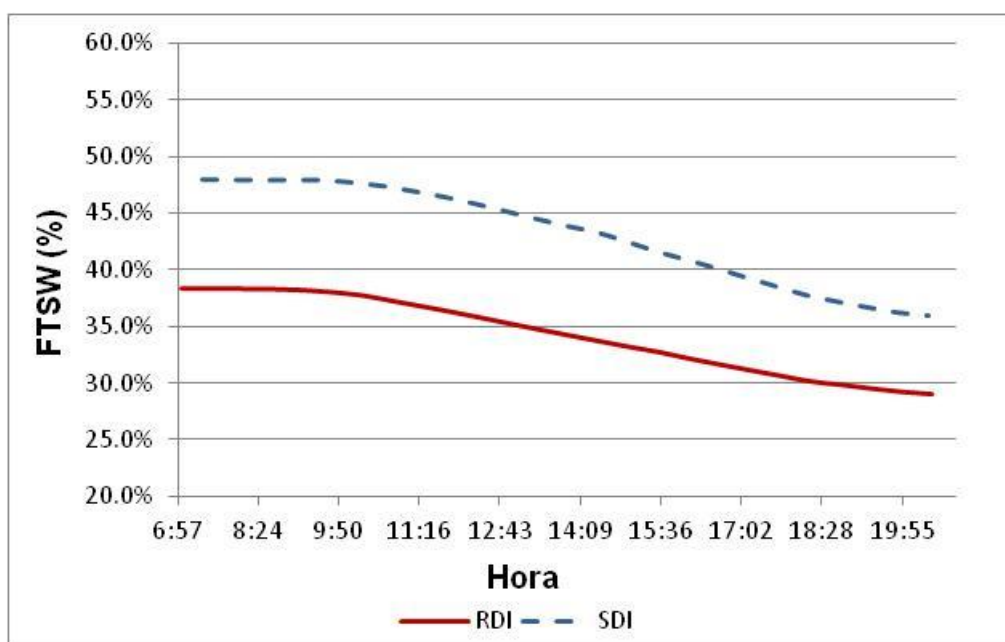


Figura 16 - Evolução diurna da fração transpirável de água no solo (FTSW) no dia 13/08/2015, correspondente ao dia antes da rega.

Na figura 17 estão representados os valores correspondentes ao dia 14/08 (dia depois da rega). Neste caso apenas foram avaliados os dados de FTSW a partir das 11h, pelo facto da rega ter terminado por volta das 13h da tarde. Verifica-se que após a rega, a modalidade SDI apresenta um valor de FTSW de 92%, enquanto a modalidade RDI apresenta um valor inferior (86%) o que seria expectável, devido às diferenças de dotação da rega. Também se

verifica que neste dia a FTSW decresce abruptamente, pois a água no solo está disponível para as plantas e, tendo as temperaturas neste dia atingido um máximo de 28,06°C, fez com que as plantas aumentassem a sua temperatura foliar e transpirassem mais, havendo assim um consumo imediato de água por estas.

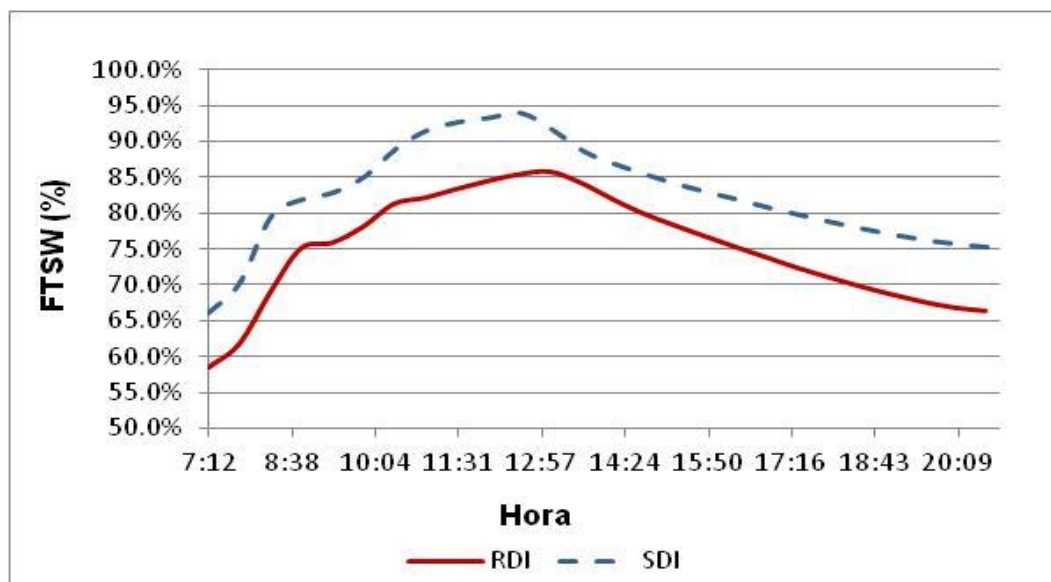


Figura 17 - Evolução diurna da fração transpirável de água no solo (FTSW) no dia 14/08/2015, correspondente ao dia da rega, com término da rega às 13:00h.

4.3.1.2 – Evolução da humidade do solo após uma rega

Nos gráficos das figuras 18 e 19 apresenta-se a evolução da FTSW ao longo de três dias após uma rega efetuada no dia 24/07, nas duas modalidades. Foram escolhidas estas datas pela alta demanda atmosférica observada.

Observando nos gráficos a linha correspondente ao dia 24/07, pode-se verificar que a FTSW antes da rega era baixa, com cerca de 20% na modalidade RDI e de 10% na SDI. Posteriormente ao período de rega, a FTSW aumentou para cerca de 88% em ambas as modalidades. Observa-se que nas 12 horas seguintes a este período, a FTSW começa a diminuir, passando dos 88% para os 67%, pois a planta começa a consumir de imediato a água da rega disponível, principalmente a existente na primeira camada (20 cm). Nas 24 horas seguintes ao período de rega (25/07), a FTSW continuou a diminuir, passando dos 67% para os 46% em ambas as modalidades.

No dia 26/07, a FTSW diminui de 46% para 32% na modalidade RDI e de 46% para 29% na modalidade SDI. Esta diminuição menos acentuada no dia 26/07 deve-se ao facto das plantas regularem o consumo de água através de uma regulação estomática, fechando os

estomas nas horas de maior calor de forma as plantas não transpirem e não perderem água.

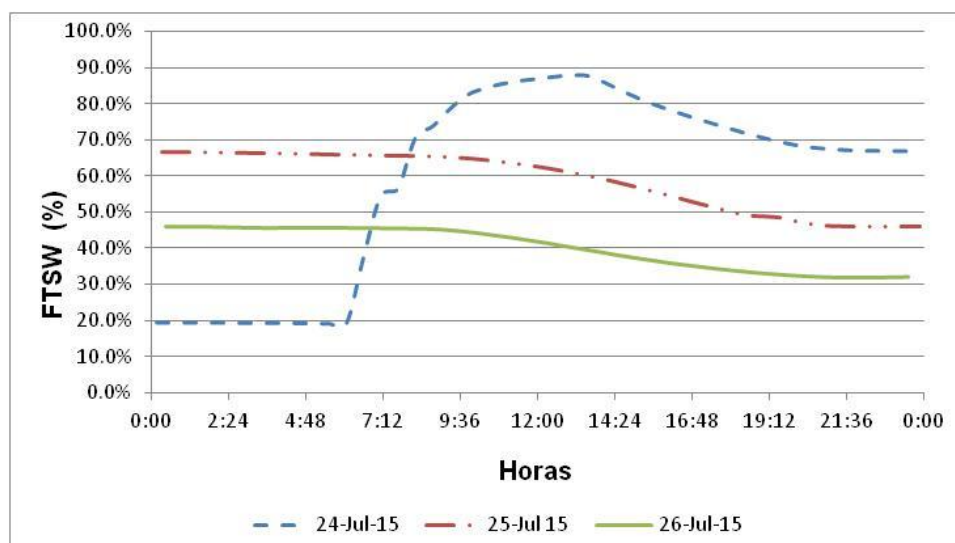


Figura 18 - Evolução da fração de água transpirável do solo (FTSW em % da reserva útil) ao longo de um ciclo de rega na ilha #601 (RDI).

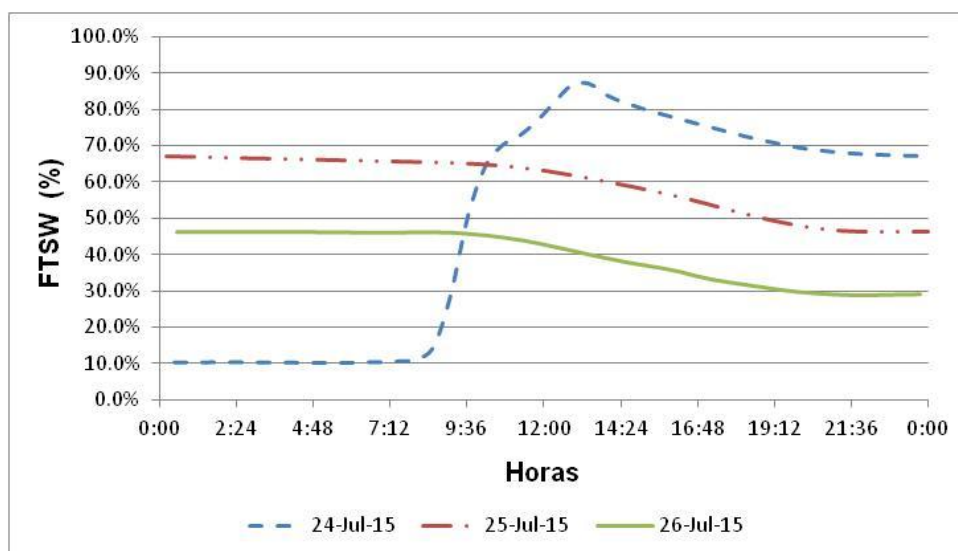


Figura 19 - Evolução da fração de água transpirável do solo (FTSW em % da reserva útil) ao longo de um ciclo de rega na ilha #603 (SDI).

4.3.2 – Potencial hídrico

4.3.2.1 - Evolução do potencial hídrico foliar de base do pintor à vindima

No gráfico da figura 20 estão apresentados os valores do ψ_b medido no período entre o pintor e a maturação. Todas as semanas foram recolhidos os valores no dia anterior e posterior à rega.

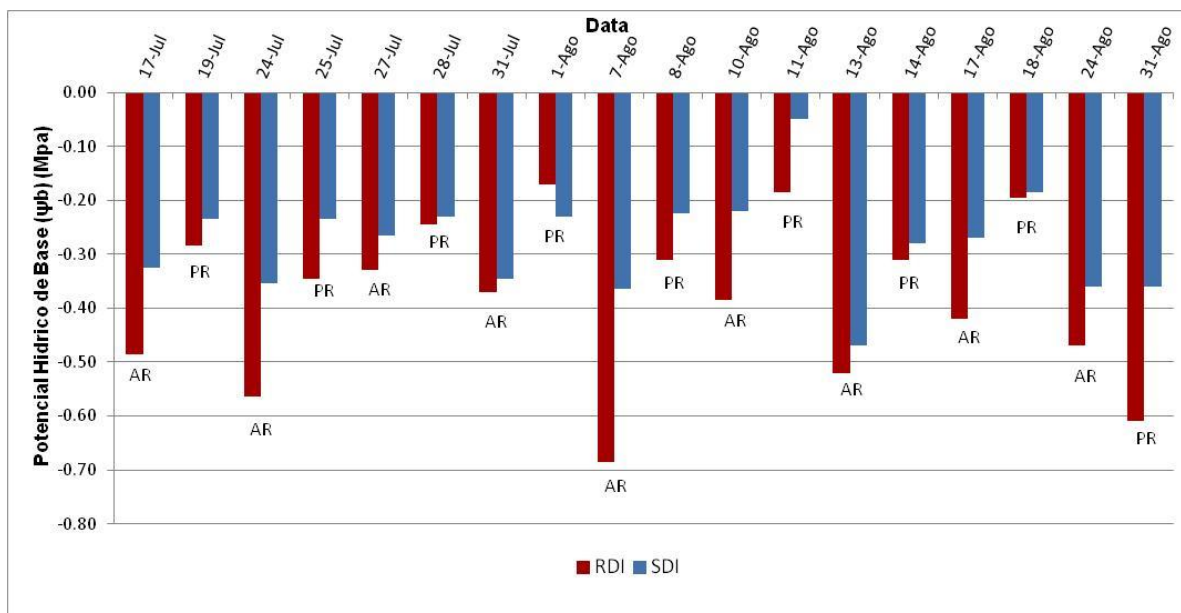


Figura 20 - Potenciais hídricos de base entre o pintor e a vindima, nas duas modalidades de rega.

Observando o gráfico, verifica-se que o ψ_b foi sempre inferior na modalidade RDI do que na modalidade SDI. Esta diferença é explicada pela maior dotação de rega na modalidade SDI. Também se observa que no dia seguinte ao dia da rega, se dá uma subida do potencial hídrico em ambas as modalidades, devido ao aumento do teor de água no solo. É de evidenciar que no dia 31 de agosto, após a rega, com rega a 24 de agosto, a modalidade RDI não aumentou o seu ψ_b , podendo dever-se ao facto de as plantas não terem sido regadas durante uma semana.

4.3.2.2 – Evolução do potencial hídrico foliar diurno num ciclo de rega

Na figura 21 estão representados os gráficos relativos ao ψ_{fd} dos dias 13 e 14 de Agosto, antes e após a rega respetivamente. Foram escolhidas estas datas pelo motivo de durante todo o período em estudo serem os únicos dias em que se obtiveram dados do ψ_{fd} antes e após uma rega.

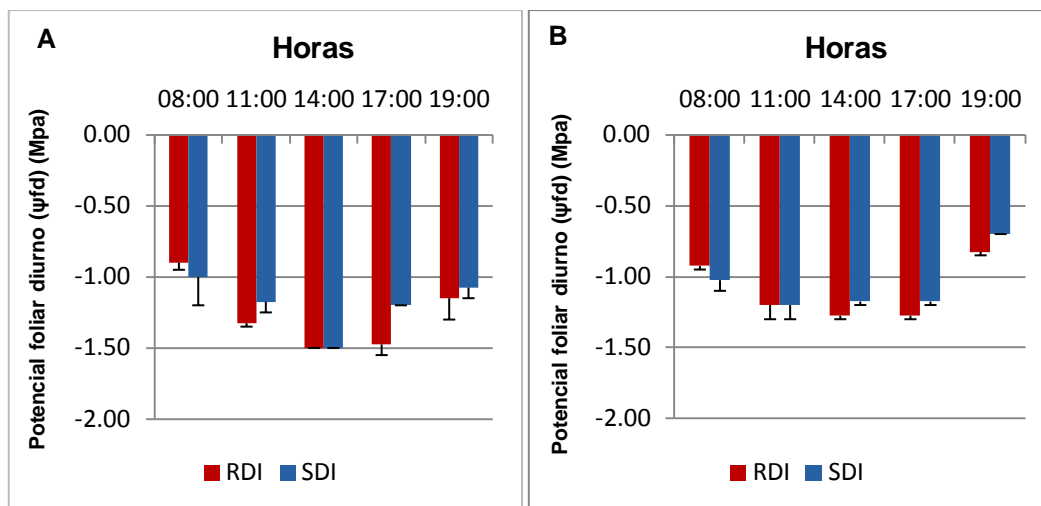


Figura 21 - Evolução dos potenciais hídricos foliares diurnos de pré-rega (13/08/2015) (A) e pós-rega (14/08/2015) (B).

Observando os gráficos da figura 21, verifica-se que o ψ_{fd} das 8:00h é o que obtém valores mais altos no dia antes da rega, enquanto que no dia após a rega, foi a medição das 19:00h que obteve os valores mais altos. Em todas as medições do dia 13 (antes rega), foi a modalidade RDI que obteve valores mais baixos, devido à sua inferior dotação de rega, comparativamente à modalidade SDI. Comparando ambos os gráficos, é de notar que os valores dos potenciais medidos após a rega sobem, o que indica uma recuperação hídrica das plantas, resultando numa diminuição de stresse hídrico das videiras. Observando ambos os gráficos, verifica-se que as horas de maior demanda atmosférica (maior temperatura e radiação) e consequentemente maior stresse hídrico para a planta, são entre as 11:00h e as 17:00h. Na medição das 8:00h, o ψ_{fd} apresenta valores similares nos dois dias considerados (antes e após rega). Tanto no dia antes da rega como após a rega, a modalidade RDI apresenta valores de ψ_{fd} mais negativos em comparação com a modalidade SDI. Também se observa que no dia após a rega, o ψ_{fd} apresenta uma recuperação de maior amplitude na modalidade SDI comparativamente à RDI.

A hora onde se observou uma maior recuperação do ψ_{fd} foi às 19:00h, pois as plantas têm mais disponibilidade de água após a rega e temperatura e radiação solar mais baixos.

4.3.3 – Temperatura das folhas do pintor à vindima

Nas figuras 22 e 23 está representado um exemplo da evolução da temperatura das folhas de acordo com a sua posição no coberto vegetal em comparação com a temperatura do ar ao longo do período em estudo (15/07/2015 a 31/08/2015). Pode-se observar que a temperatura das folhas apresenta valores superiores à temperatura do ar, quando esta atinge valores na gama dos 30 a 35°C. Comparando os gráficos das figuras 22 e 23,

observa-se que na modalidade RDI as folhas atingiram temperaturas superiores comparativamente às da modalidade SDI. Uma das razões é o fato de como a modalidade RDI dispõe de menores teores de água no solo, faz com que a planta tenha menos água disponível e controle as perdas de água por transpiração através do fecho dos estomas.

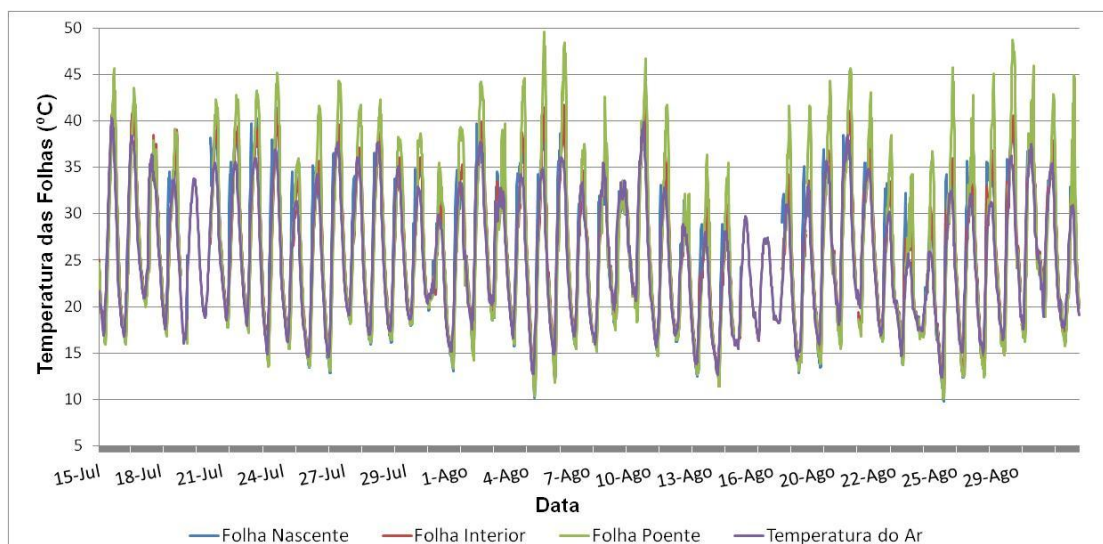


Figura 22 - Evolução da temperatura diária das folhas no período do pintor ao final de Agosto, da ilha #601 (RDI).

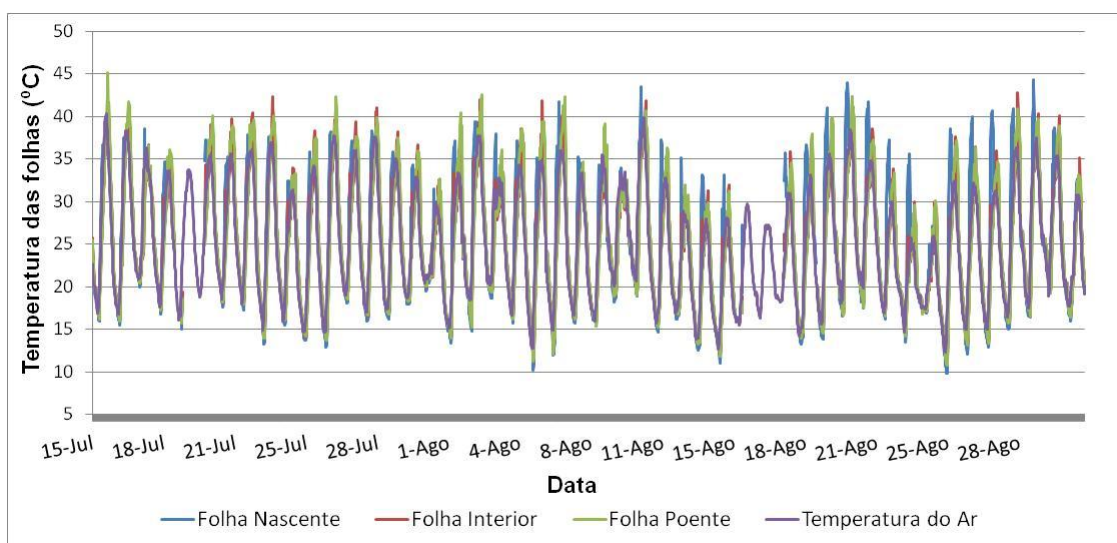


Figura 23 - Evolução da temperatura diária das folhas no período do pintor ao final de Agosto, da ilha #603 (SDI).

4.3.3.1 – Exemplo da evolução da temperatura das folhas em dias de baixa e elevada demanda atmosférica

Nas figuras 24, 25, 26 e 27 apresenta-se a evolução da temperatura das folhas nos dias de pré-rega, dia da rega e dia pós-rega para as modalidades RDI e SDI, com rega a 17/07 e a 31/07. Foram escolhidas estas duas datas com o objetivo de comparar um dia de rega com temperaturas mais elevadas (36,35°C) com um dia de rega com temperaturas mais baixas (33,34°C) respetivamente.

Analisando as figuras 24 e 25, observa-se que o padrão das curvas da temperatura das folhas em ambas as modalidades são idênticas. No dia anterior à rega (16/07/2015), observa-se que a temperatura das folhas na modalidade RDI são superiores às da SDI com uma diferença de 1,8°C, com a modalidade RDI a atingir o valor máximo na folha poente de 43,5°C e na modalidade SDI de 41,7°C, com uma temperatura máxima do ar a registar 38,4°C. Neste mesmo dia, durante a manhã observa-se maior diferença de temperatura entre as folhas a nascente e a poente às 11:30h, onde na modalidade RDI a folha a nascente registou uma temperatura de 27,4°C e a poente 26,1°C. Já na modalidade SDI, a folha a nascente registou uma temperatura de 31°C e a poente 24,8°C. No dia em que foi efetuada a rega (17/07/2015), observa-se que a temperatura das folhas na modalidade RDI é superior à modalidade SDI, devendo-se ao fato de como a modalidade RDI dispõe de menores teores de água no solo, faz com que a planta tenha menos água disponível e controle as perdas de água por transpiração através do fecho dos estomas.

Na modalidade SDI podem-se observar alguns valores de temperatura da folha nascente muito superiores à modalidade RDI. A explicação pode estar num registo de temperaturas mais elevado devido à exposição direta do sensor em relação aos raios solares. No dia pós-rega (18/07/2015) observa-se que a folha a nascente obteve uma temperatura superior em comparação com a folha do interior e que a folha a poente, atingiu valores de 33,9°C na modalidade RDI e de 31,2°C na modalidade SDI, sendo a temperatura do ar de 26,16°C. Da parte da tarde é onde se observam maiores diferenças, tendo a folha a poente na modalidade RDI atingido valores muito superiores à modalidade SDI, com uma diferença de 3°C, sendo que na modalidade RDI obteve um valor de 39,1°C e na modalidade SDI um valor de 36,1°C com uma temperatura do ar de 32,8°C.

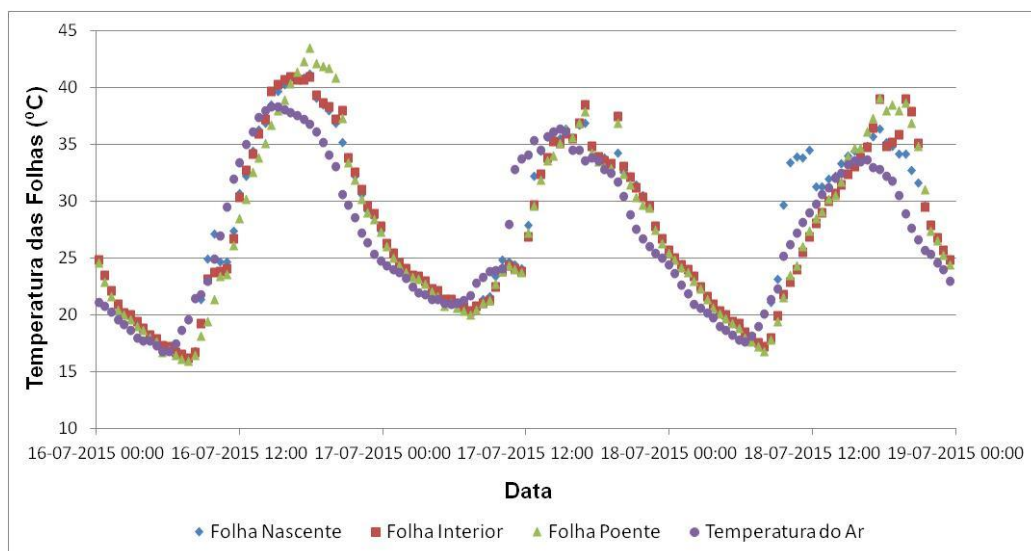


Figura 24 - Evolução diária da temperatura das folhas expostas a nascente, no interior e expostas a poente na sebe na ilha #601 (RDI) num ciclo de rega, com rega a 17/07/2015.

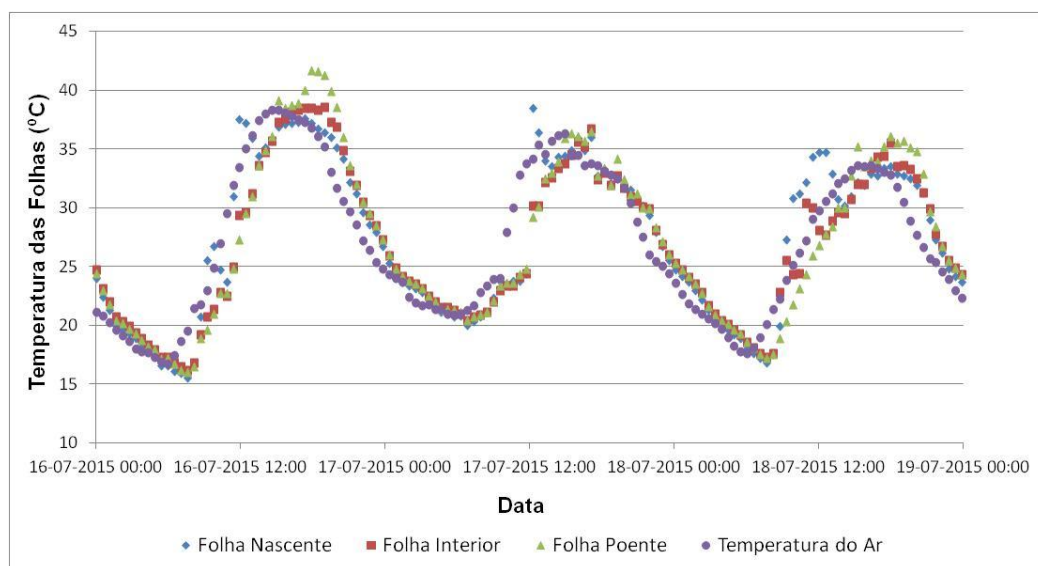


Figura 25 - Evolução diária da temperatura das folhas expostas a nascente, no interior e expostas a poente na sebe na ilha #603 (SDI) num ciclo de rega, com rega a 17/07/2015.

Analisando as figuras 26 e 27, observa-se que no dia anterior à rega (30/07/2015), na modalidade RDI, a temperatura da folha no interior atingiu valores inferiores (com um máximo de 36,1°C) aos das folhas expostas a poente (com um máximo de 38°C) às 17:30h, com uma temperatura do ar a atingir os 31,35°C. No dia da rega (31/07/2015) observa-se que a temperatura das folhas interiores bem como as folhas expostas a poente atingiram temperaturas mais elevadas na modalidade RDI com 30,1°C e 35,5°C respetivamente às 15:07h, com uma temperatura do ar de 29,47°C. Na modalidade SDI as temperaturas das

folhas foram de 29,7°C para as folhas interiores e 32,7°C para folhas expostas a poente com uma temperatura do ar de 27,79°C. No dia pós-rega a folha exposta a nascente na modalidade SDI atinge uma temperatura superior à da RDI, provavelmente devido à exposição do sensor em relação aos raios solares. As folhas interiores em ambas as modalidades apresentam valores semelhantes. As folhas expostas a poente na modalidade RDI registaram uma temperatura máxima de 39,3°C às 16:50h, com uma temperatura do ar de 33,22°C, enquanto que na modalidade SDI registaram uma temperatura máxima de 40,4°C às 19:13h, com uma temperatura do ar de 31,63°C. É de notar que as horas a que cada modalidade atinge o seu máximo de temperatura das folhas são diferentes, devido à posição das folhas selecionada em cada modalidade, o que influencia as temperaturas registadas.

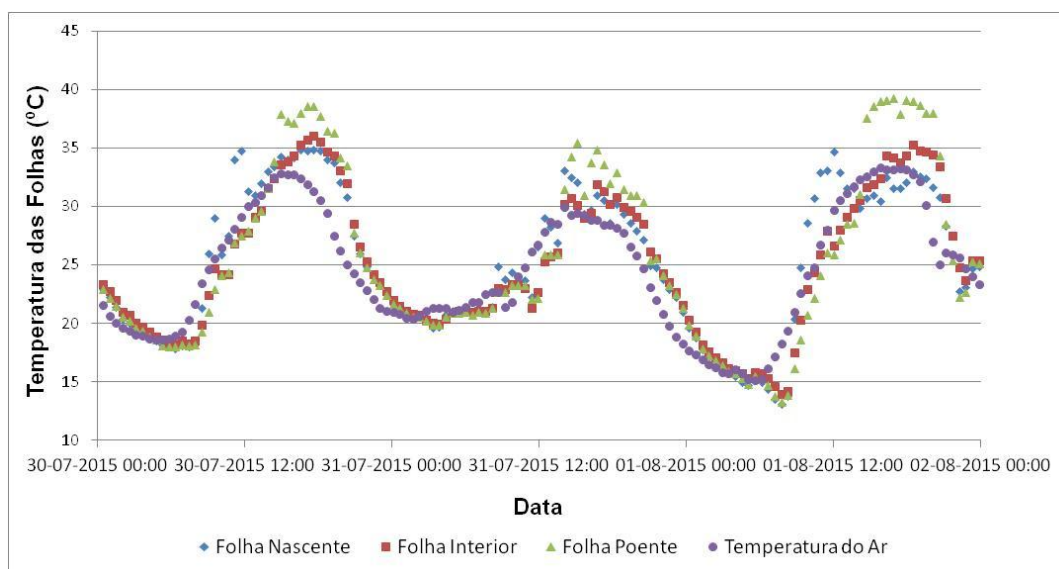


Figura 26 - Evolução diária da temperatura das folhas expostas a nascente, no interior e expostas a poente na sebe, na ilha #601 (RDI) num ciclo de rega, com rega a 31/07/2015.

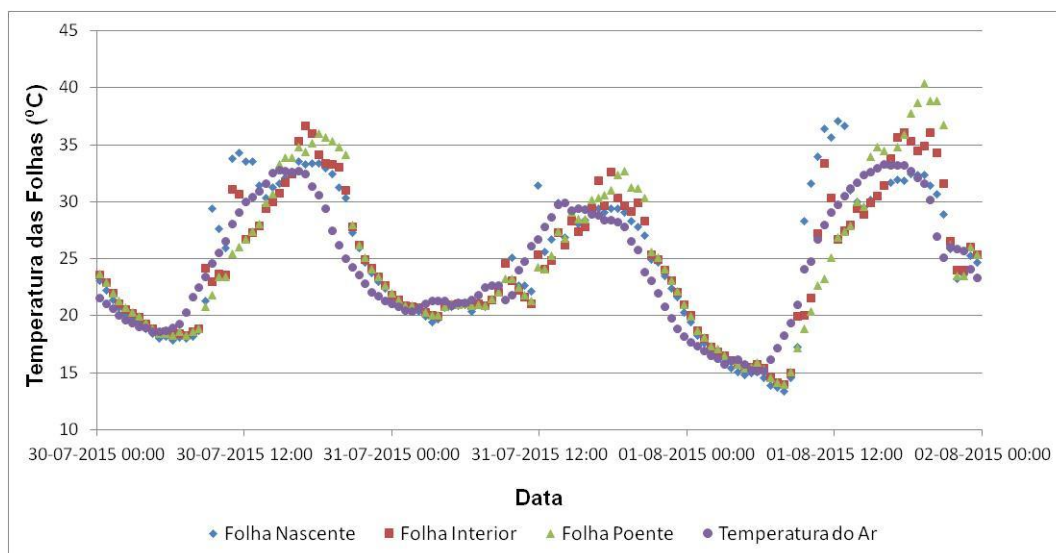


Figura 27 - Evolução diária da temperatura das folhas expostas a nascente, no interior e expostas a poente na sebe, na ilha #603 (SDI) num ciclo de rega, com rega a 31/07/2015.

4.3.3.2 – Evolução diurna da temperatura das folhas num ciclo de rega

Nas figuras 28, 29, 30 e 31 estão representadas as temperaturas das folhas e o ψ_{fd} para o dia de pré-rega a 13/08 e para o dia pós rega a 14/08. No dia 13/08 na modalidade RDI, a temperatura máxima atingida pela folha a nascente foi de 30°C, a folha do interior acompanhou o trajeto da folha a poente, atingindo um máximo de 31,6°C e a folha a poente um máximo de 36,3°C com uma temperatura do ar máxima de 27,96°C. Na modalidade SDI a folha a nascente atingiu uma temperatura máxima de 33,1°C, a folha interior um máximo de 31,2°C e a folha a poente um máximo de 29,9°C. No dia 14/08 na modalidade RDI a temperatura máxima atingida pela folha nascente foi de 29,2°C, a folha do interior um máximo de 31°C e a folha a poente um máximo de 35,5°C, com uma temperatura do ar máxima de 28,06°C. Na modalidade SDI as folhas a nascente, interior e poente atingiram um máximo de 33,1°C, 32°C e 31,2°C respetivamente.

Analisando as figuras 28 e 29, observa-se que em termos de padrão evolutivo da temperatura das folhas, esta vai aumentando ao longo do dia. Considerando que no dia 13/08 a disponibilidade hídrica no solo para as videiras é baixa, é de esperar valores da temperatura das folhas altos o que se verifica através da figura 28, com valores de temperatura da folha exposta a poente acima dos 35°C. Observa-se nos gráficos do ψ_{fd} que, ao início da manhã, o potencial vai diminuindo até atingir o pico mínimo pelas 14:00h com um valor médio de -1,50 MPa em ambas as modalidades, enquanto que a esta mesma hora, as folhas atingiram valores de temperatura de 27,3°C na folha a nascente e de 25,4°C na folha a poente na modalidade RDI e de 26,6°C na folha a nascente e de 25,1°C na folha a

poente na modalidade SDI, sendo a temperatura do ar de 26,25°C. Após as 17:00h as plantas começam a recuperar o seu estado hídrico, o que se verifica com uma diminuição dos valores da temperatura das folhas, bem como no aumento dos valores do potencial hídrico.

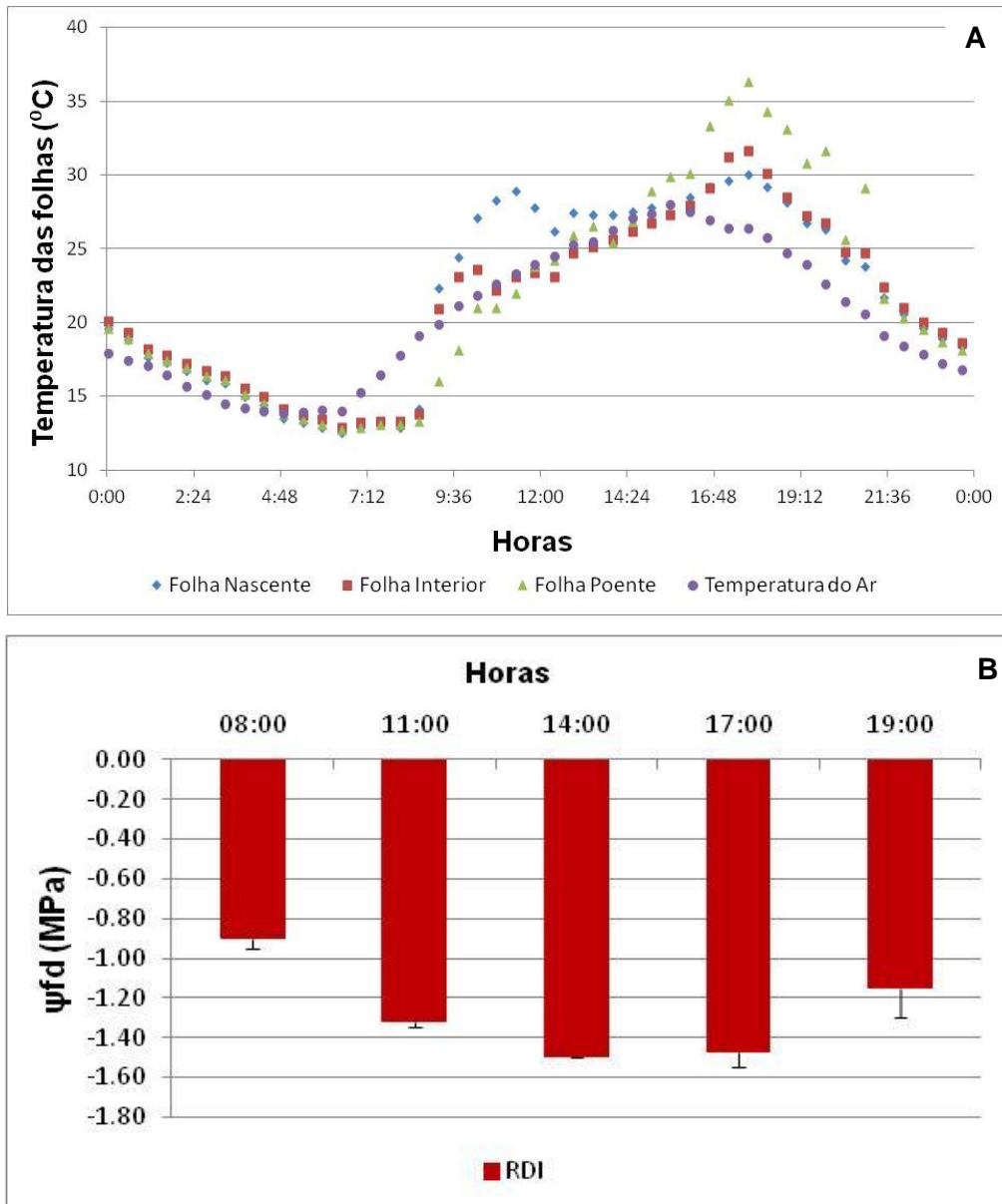


Figura 28 - Evolução diurna da temperatura das folhas (A), em comparação com os valores de ψ_{fd} (B) no dia 13/08/2015, correspondente ao fim de um ciclo de rega na modalidade RDI.

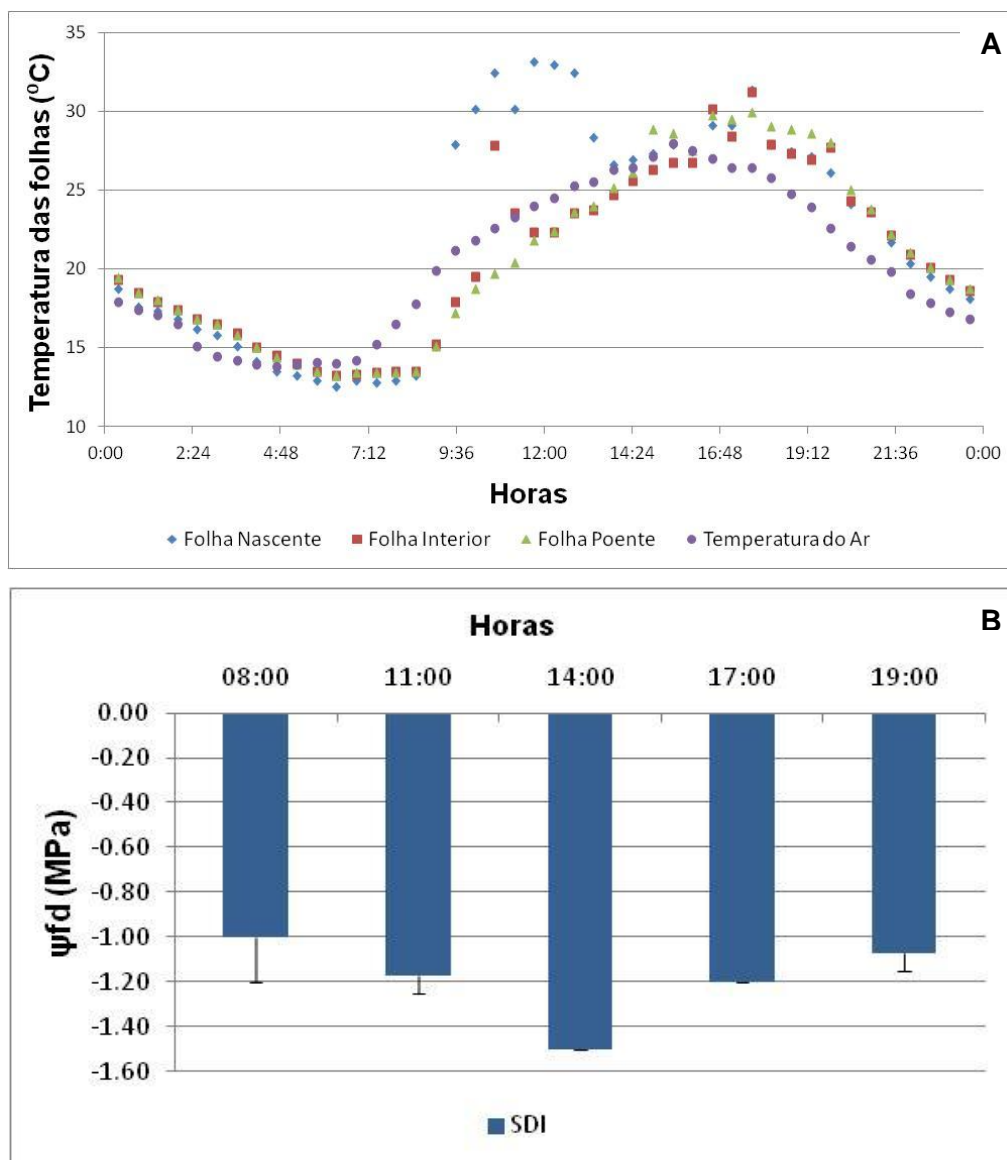


Figura 29 - Evolução diurna da temperatura das folhas (A), em comparação com os valores de ψ_{fd} (B) no dia 13/08/2015, correspondente ao fim de um ciclo de rega na modalidade SDI.

Analisando os gráficos das figuras 30 e 31, observa-se que a temperatura das folhas interiores bem como a temperatura do ar, têm um aumento contínuo ao longo do dia, com exceção das folhas expostas na sebe (nascente exposta e poente exposta), que têm picos de manhã e de tarde respetivamente, devido a maior exposição solar. Verifica-se na figura 30 (modalidade RDI) que no dia 14/08, a temperatura máxima atingida pela folha exposta a nascente foi de 28,9°C às 11:27h e, a da folha exposta a poente foi de 33,9°C às 17:22h com uma temperatura do ar máxima de 28,06°C nesse dia. O ψ_{fd} foi diminuindo ao longo do dia até atingir um mínimo de -1,28 MPa às 17h. Em comparação com o dia anterior, a temperatura das folhas não diferiu significativamente, mas o ψ_{fd} aumentou um pouco devido à rega feita neste mesmo dia, obtendo-se uma diferença de 0,22 MPa. Seria de esperar que a temperatura das folhas diminuísse um pouco devido à rega, mas tal não se verifica devido

às elevadas temperaturas do ar, pois mesmo sem restrições de água no solo, para períodos de elevada demanda atmosférica, a temperatura das folhas aumenta relativamente à temperatura do ar.

Na figura 31 (modalidade SDI), verifica-se que a temperatura da folha exposta a nascente atingiu um máximo de 33,1°C. A folha exposta a poente atingiu um máximo de 31,2°C com a temperatura do ar a atingir um máximo de 28,06°C. O ψ_{fd} atingiu o mínimo de -1,20 MPa às 11h da manhã. Seria de esperar um ψ_{fd} com valores mais baixos durante a tarde, mas devido à rega, o ψ_{fd} aumentou um pouco para -1,18 MPa.

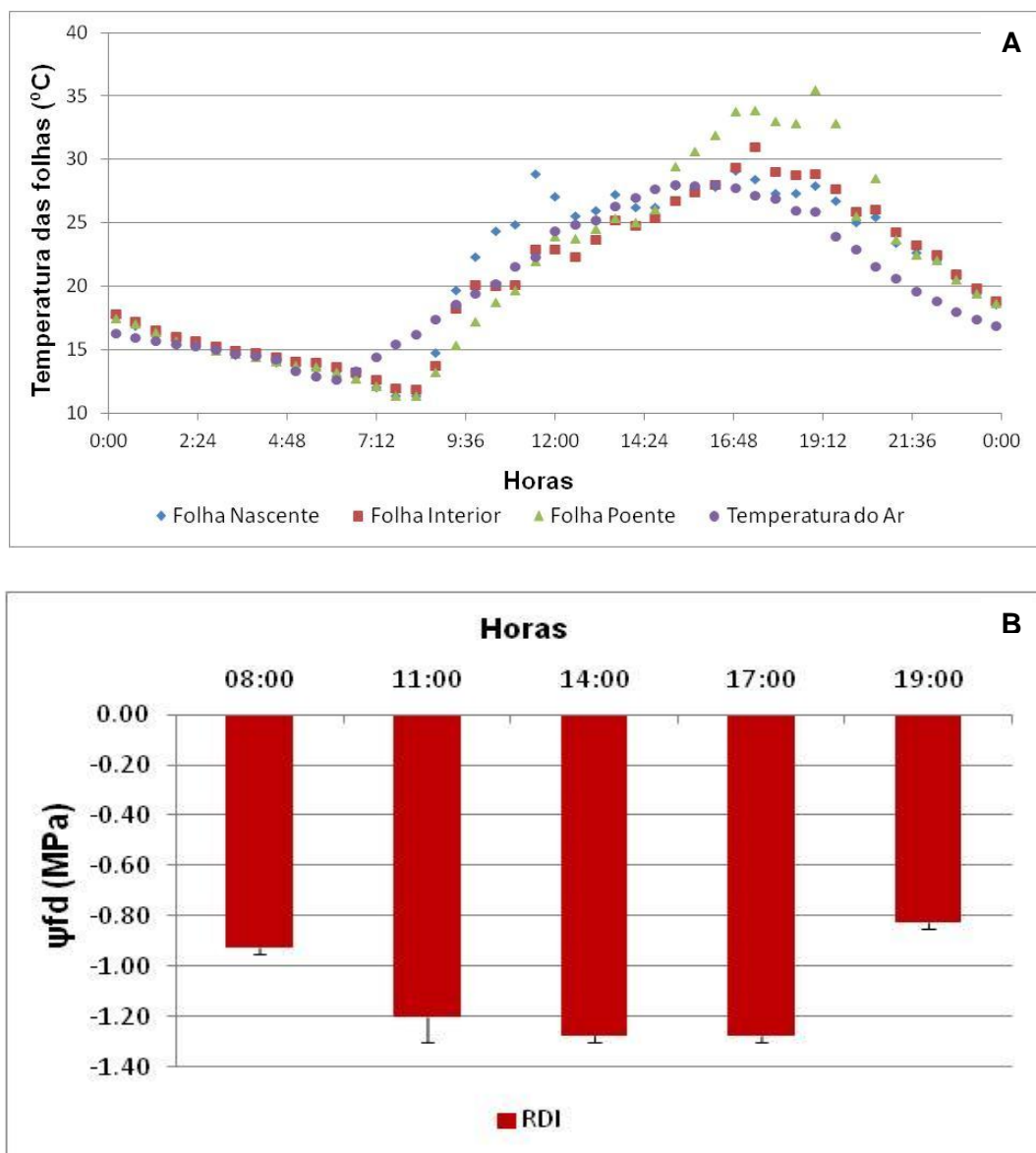


Figura 30 - Evolução diurna da temperatura das folhas (A) em comparação com os valores de ψ_{fd} (B) no dia 14/08/2015, correspondente ao início de um ciclo de rega na modalidade RDI.

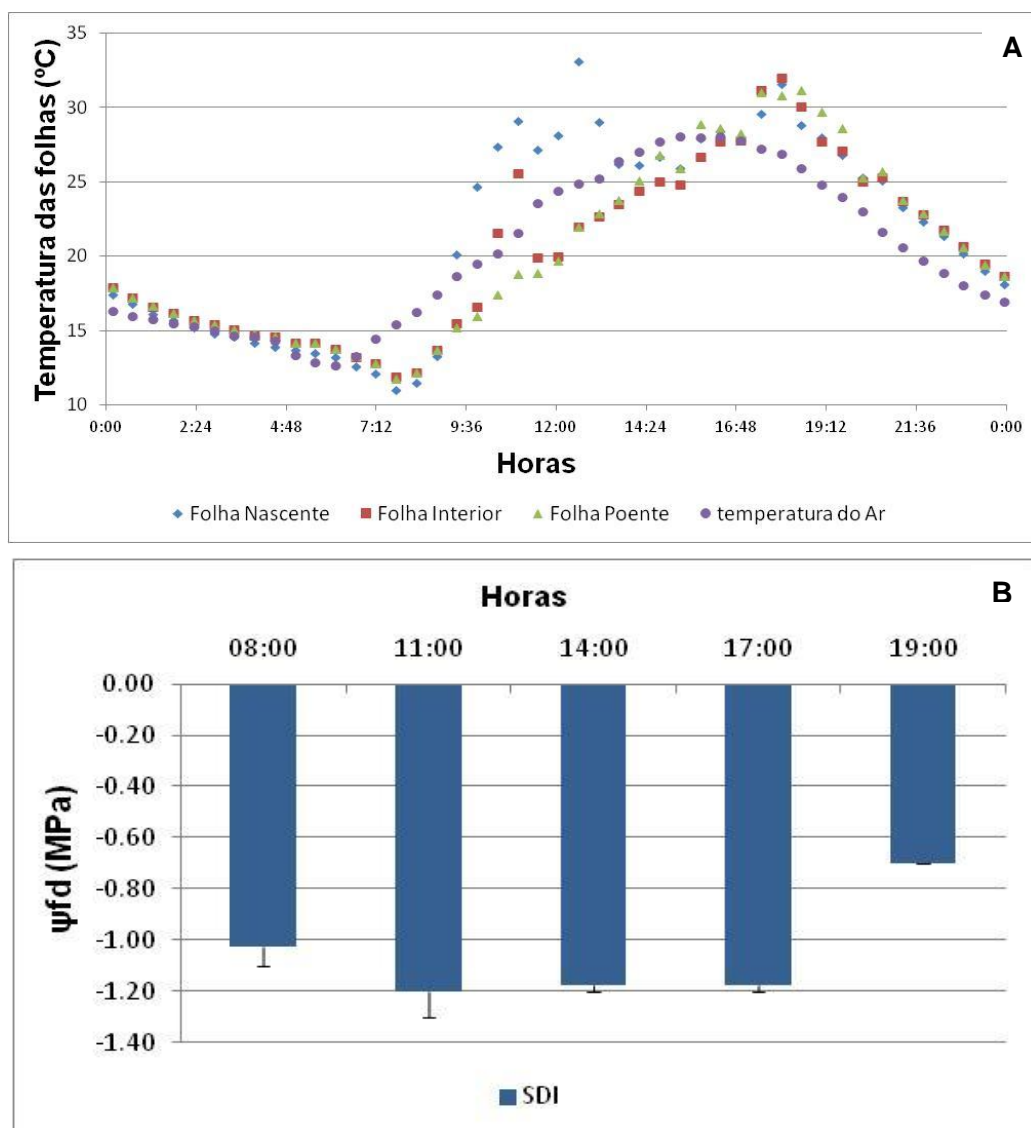


Figura 31 - Evolução diurna da temperatura das folhas (A) em comparação com os valores de ψ_{fd} (B) no dia 14/08/2015, correspondente ao início de um ciclo de rega na modalidade SDI.

Verifica-se assim que, a temperatura das folhas não depende apenas da temperatura do ar e da radiação solar, mas também do estado hídrico da planta, ou seja, quanto menos água tiver a planta, mais a temperatura das folhas poderá aumentar. É através dos estomas que a planta irá regular a sua transpiração, sendo que após a rega a planta dispõe de mais água e, poderá transpirar um pouco mais, baixando assim a temperatura das folhas.

Estes resultados mostram que uma maior diferença de temperaturas das folhas entre tratamentos é observada após a rega. Com o passar dos dias essa diferença vai diminuindo. Como a modalidade SDI tem uma maior dotação de rega, leva a que as plantas tenham uma melhor condição hídrica e possam transpirar, levando assim a baixar a temperatura das

folhas em comparação com a modalidade RDI. Em contraste, a modalidade RDI por ter uma dotação de rega inferior à da SDI, consequentemente terá uma temperatura das folhas superior.

4.3.4 – Temperatura dos bagos do pintor à vindima

Nas figuras 32 e 33 está representado um exemplo da temperatura dos bagos de acordo com a sua posição no coberto vegetal em comparação com a temperatura do ar ao longo do período de estudo (15/07/2015 a 31/08/2015). O excesso de sensores causa entropia no gráfico, mas é possível verificar que a temperatura dos bagos é semelhante à temperatura do ar.

Nas figuras 32 e 33 observa-se que no dia 20/08, em ambas as modalidades, o bago exposto a poente foi o que registou maior temperatura, com 49,6°C na RDI e 51,9°C na SDI. A temperatura mínima foi registada no dia 25/08, com um valor de 10,6°C para o bago exposto a nascente em ambas as modalidades.

Durante este período de estudo a temperatura do ar oscilou entre 40,27°C registada a 15/07/2015 e os 12,38°C registada a 25/08/2015. No dia 15/07 o bago onde se registou maior temperatura em ambas as modalidades foi o bago poente exposto com os respetivos valores, de 46,7°C na modalidade RDI e de 46,5°C na modalidade SDI, enquanto no dia 25/08 registaram-se temperaturas de 41,9°C na RDI e 42,3°C na SDI.

Sendo o bago um corpo escuro, absorve bastante radiação, pelo que a sua temperatura poderá ser superior à temperatura ambiente quando exposto diretamente à radiação solar.

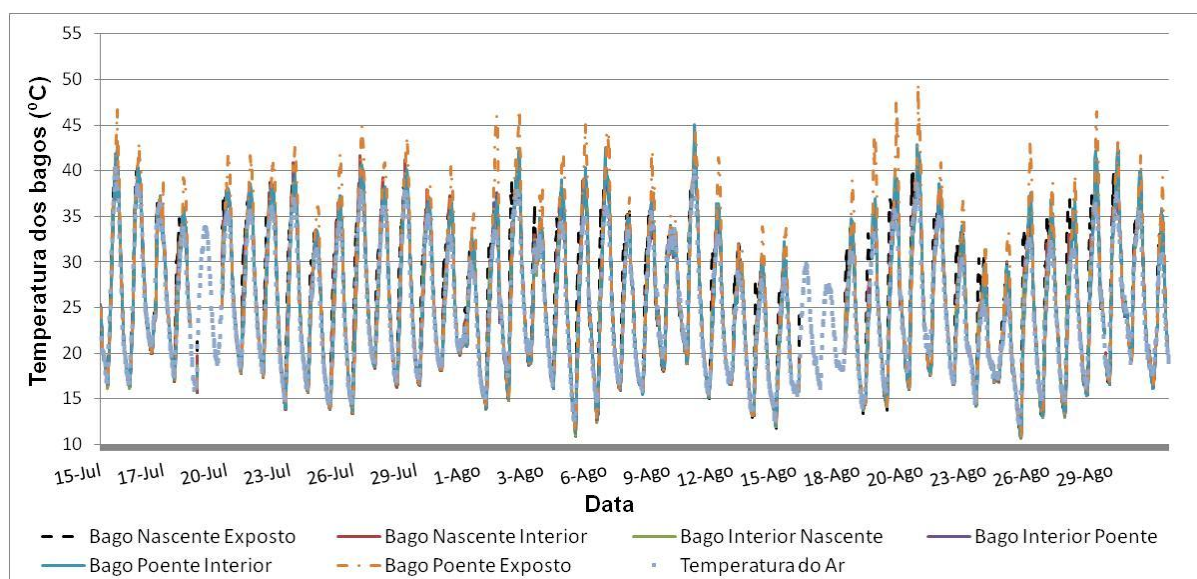


Figura 32 - Evolução da temperatura diária dos bagos relativos à ilha #601 (RDI), do pintor ao final de Agosto.

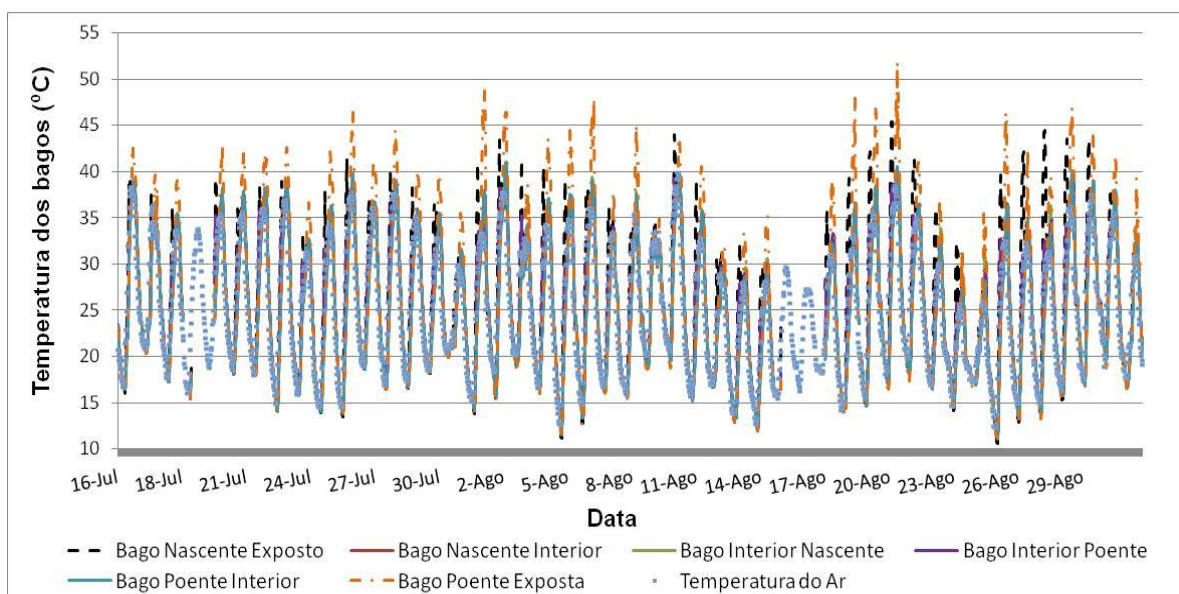


Figura 33 - Evolução da temperatura diária dos bagos relativos à ilha #603 (SDI), do pintor ao final de Agosto.

4.3.4.1 – Exemplo da evolução da temperatura dos bagos em dias de baixa e elevada demanda atmosférica

Nas figuras 34 e 35 está representada a evolução da temperatura dos bagos nos dias de pré-rega, dia da rega e dia pós-rega na modalidade RDI em comparação com a modalidade SDI.

Observando os gráficos, verifica-se que em ambas as modalidades, a temperatura dos bagos localizados na mesma posição apresentaram valores similares, tendo-se obtido um padrão diurno similar. É visível que no dia anterior à rega, os bagos atingiram temperaturas mais elevadas do que nos dois dias posteriores. É de salientar neste ponto que se teve em conta dois fatores a analisar, sendo eles a posição do cacho na sebe e a localização do bago no cacho, pois o bago exposto à radiação solar terá temperaturas superiores às do bago do lado interior no mesmo cacho. Relativamente à posição do cacho na sebe, observa-se que o cacho do lado nascente registou temperaturas inferiores comparativamente ao cacho do lado poente e, o cacho do interior obtém temperaturas similares ao do cacho exposto a nascente em ambas as modalidades, mas mais visível na modalidade SDI.

No dia antes da rega (16/08), na modalidade RDI, a temperatura máxima atingida pelos bagos exterior e interior a nascente, registou-se às 15 horas, com temperaturas de

39,9°C e de 37,8°C respetivamente. A partir desta hora as temperaturas dos bagos do cacho a nascente começaram a diminuir. Ao final da tarde, por volta das 18 horas, é o cacho do lado poente que atinge temperaturas máximas, com o bago do exterior a atingir 39,3°C e o bago interior 37,8°C, pois o bago exposto a poente recebe maior radiação solar. Já o cacho do interior, registou uma temperatura de 39,9°C no bago a nascente e de 39,3°C no bago a poente, tendo acompanhado o percurso das temperaturas do cacho a poente. A temperatura do ar máxima atingida neste dia foi de 38,36°C às 14:37h. Na modalidade SDI, a temperatura máxima atingida pelos bagos exterior e interior do cacho a nascente foi de 38,7°C e 38°C respetivamente às 16:00 horas. Nos bagos do cacho exposto a poente foram registadas temperaturas máximas de 42,8°C e 38,7°C para os bagos exterior e interior respetivamente às 17:00 horas com uma temperatura do ar de 37,55°C. No cacho do interior as temperaturas de ambos os bagos rondaram os 38°C.

No dia após a rega (18/07), observou-se que as temperaturas dos bagos diminuíram em comparação com o dia antes da rega, pois a temperatura do ar foi mais baixa atingindo um máximo de 33,64°C. Esta diminuição da temperatura do ar influenciou a temperatura dos bagos, tendo os bagos exposto e interior do cacho a nascente, na modalidade RDI, atingido temperaturas máximas de 35,7°C e 35,2°C respetivamente às 17:30 horas da tarde. Os bagos do cacho a poente, atingiram uma temperatura máxima de 39,3°C no bago exposto e de 35,6°C no bago interior à mesma hora. No cacho interior, as temperaturas máximas foram de 35,3°C no bago a nascente e de 34,7°C no bago a poente. Neste dia a diferença de temperaturas máxima observada foi de 5,6°C. Através destes dados pode-se confirmar que a temperatura dos bagos depende principalmente da temperatura do ar e da radiação solar. Na modalidade SDI registou-se uma temperatura máxima no bago exposto a nascente de 34,5°C e no bago exposto a poente de 39,1°C.

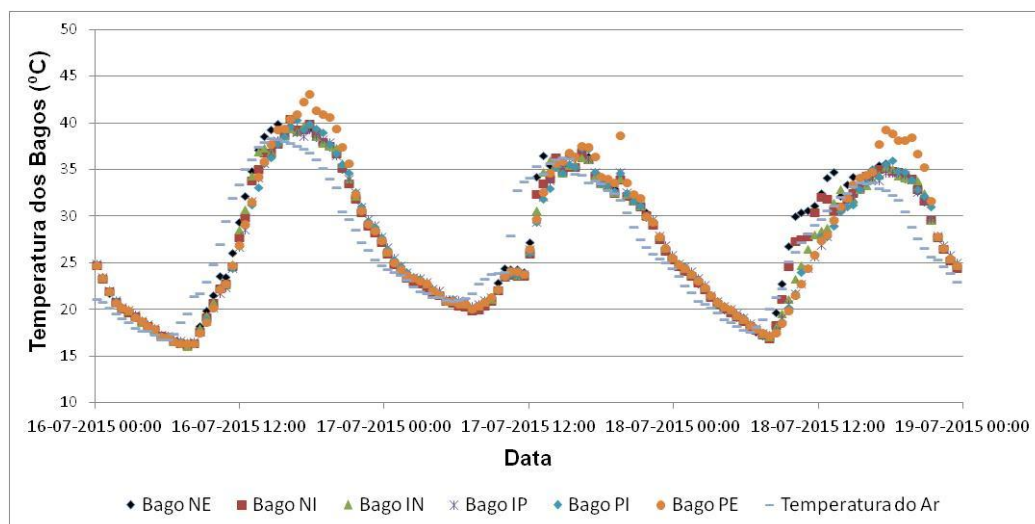


Figura 34 - Evolução da temperatura dos bagos expostos a nascente, no interior e expostos a poente na sebe, na ilha #601 (RDI) num ciclo de rega com a rega a 17/07/2015.

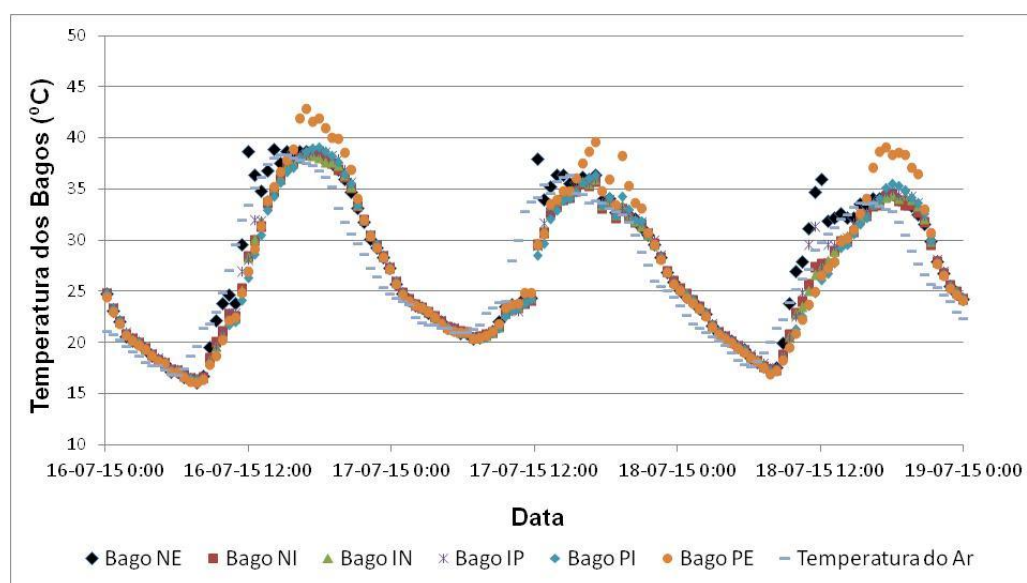


Figura 35 - Evolução da temperatura dos bagos expostos a nascente, no interior e expostos a poente na sebe, na ilha #603 (SDI) num ciclo de rega com rega a 17/07/2015.

Observando os gráficos das figuras 36 e 37, na segunda data de rega (31/07), verificou-se uma diminuição da temperatura do ar em 5,51°C no dia antes da rega, sendo que a temperatura do ar máxima atingida neste dia foi de 32,85°C. Neste mesmo dia, na modalidade RDI, registou-se uma temperatura máxima dos bagos do cacho a nascente de 36°C no bago exposto e de 35,9°C no bago interior às 17:30 horas. Nestes bagos observaram-se variações bruscas da temperatura, devendo-se provavelmente, ao

ensombramento destes por parte das folhas. Os bagos do cacho a poente obtiveram, à mesma hora, temperaturas máximas de 40,4°C no bago exposto e de 35,5°C no bago interior. Os bagos do interior obtiveram temperaturas similares às dos bagos interiores dos cachos expostos a nascente e a poente. Na modalidade SDI, no dia antes da rega, registou-se uma temperatura máxima do bago exposto a nascente de 33,9°C e de 39,7°C no bago exposto a poente.

No dia após a rega as temperaturas do ar foram semelhantes às do dia 30/07, obtendo-se uma temperatura máxima do bago exposto a nascente de 34°C e do bago exposto a poente de 46°C na modalidade RDI. Na modalidade SDI na parte da manhã obteve-se uma temperatura máxima de 41°C no bago exposto a nascente e na parte da tarde foi o bago exposto a poente a registar uma temperatura máxima de 49°C. Este mesmo bago obteve temperaturas muito altas devido à sua posição em relação aos raios solares. As temperaturas dos bagos dos cachos interiores foram sempre similares às temperaturas dos bagos interiores dos cachos expostos, sendo que estes obtiveram temperaturas perto da temperatura do ar.

Assim, através dos dados obtidos, é possível afirmar que os bagos expostos a poente e nascente são mais susceptíveis de obter valores de temperaturas superiores que os restantes bagos.

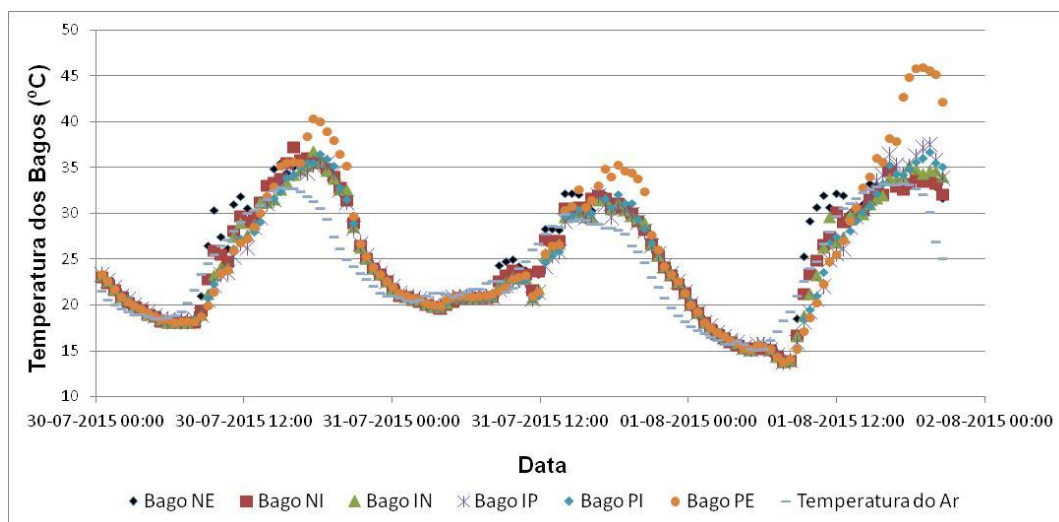


Figura 36 - Evolução da temperatura dos bagos expostos a nascente, no interior e expostos a poente na sebe, na ilha #601 (RDI) num ciclo de rega com rega a 31/07/2015.

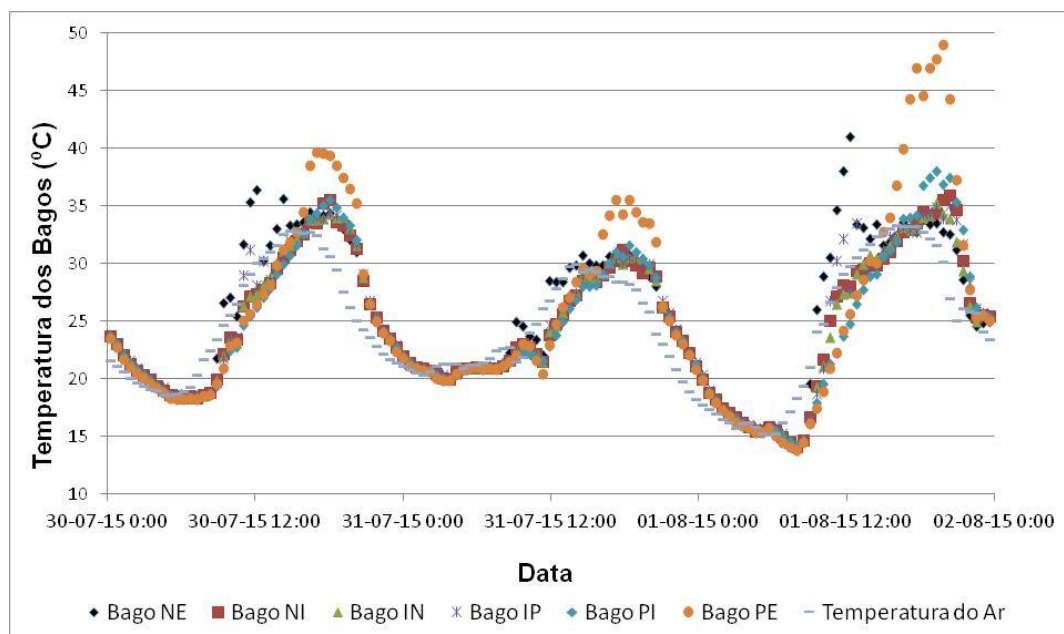


Figura 37 - Evolução da temperatura dos bagos expostos a nascente, no interior e expostos a poente na sebe, na ilha #603 (SDI) num ciclo de rega com rega a 31/07/2015.

4.4 – Produção

Na tabela 5 pode-se observar os resultados do rendimento e seus componentes. Tendo sido a primeira rega efetuada a 15/5/2015, na fase inicial do crescimento dos bagos (fase 73 da escala BBCH), é expectável que tenha havido limitações à divisão e expansão celular (Ojeda *et al*, 2001), isto devido à baixa reserva hídrica obtida durante o inverno. As condições ambientais e a disponibilidade hídrica do solo durante o período de floração-fecho dos cachos, não foram diferenciadoras no rendimento, uma vez que os fatores foram idênticos em ambas as modalidades. A diferença nos valores na média de peso/cacho(g) e na produção média/videira observada entre as duas modalidades de rega, poderá advir da influência da rega na fase de maturação dos bagos, pois o défice hídrico nesta fase faz-se sentir a nível da expansão celular (Lopes, 2008).

Tabela 5 - Efeito da estratégia de rega no rendimento e seus componentes. RDI – Regulated Deficit Irrigation e SDI – Sustainable Deficit Irrigation da casta Touriga Nacional. * - significativo ao nível de $p < 0,05$; ** - significativo ao nível de $p < 0,01$; R^2 – coeficiente de determinação).

Parâmetros	Modalidade		Significância
	RDI	SDI	
Nº médio de cachos/videira	33	32	n.s.
Média Peso/cacho (g)	104,6	136,9	*
Produção média (Kg/videira)	3,4	4,3	**

Apesar de não se terem observado diferenças significativas no número de cachos, o peso médio do cacho foi afetado significativamente pela modalidade de rega. As videiras sujeitas à modalidade RDI apresentaram cachos significativamente menos pesados do que os da modalidade SDI, devendo-se ao fato da modalidade SDI ter tido uma maior dotação de rega comparativamente à modalidade RDI, fazendo com que os bagos pesassem um pouco mais. Relativamente à produção esta é inferior na modalidade RDI comparativamente à modalidade SDI, uma vez que o peso dos cachos está relacionado com a dotação de rega.

4.5 – Potenciais estimadores para o potencial hídrico de base (ψ_b)

Na avaliação do estado hídrico das videiras, um dos indicadores mais robustos e utilizados é o ψ_b . O ψ_b é um bom indicador da reserva de água no solo na zona onde as raízes se encontram a extrair água (Lopes *et al.*, 1998). No sentido de testar a FTSW como um possível estimador do ψ_b , foram efetuadas regressões entre a FTSW (variável independente) e o ψ_b (variável dependente).

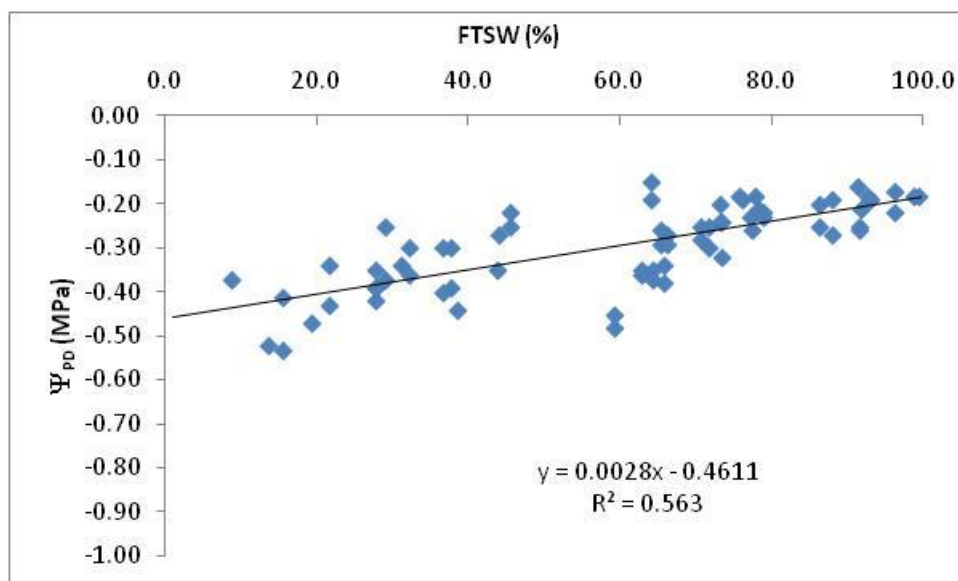


Figura 38 - Análise de regressão entre FTSW (variável independente) e o ψ_b (variável dependente) medido em ambas as modalidades entre 3 de junho e 31 de agosto 2015. R^2 – coeficiente de determinação.

O gráfico da figura 38 mostra que a resposta do ψ_b à variação do FTSW é linear, verificando-se uma descida do ψ_b com o decréscimo da FTSW. O elevado coeficiente de determinação obtido ($R^2 = 0,56$) indica que o teor de humidade do solo pode ser um estimador direto do ψ_b tal como reportado por Pellegrino *et al.* (2006).

5 – CONCLUSÕES

Observando os resultados das duas modalidades de rega conclui-se que a modalidade RDI induz um maior stresse hídrico nas videiras em comparação com a modalidade SDI. A maior dotação de rega da modalidade SDI refletiu-se de forma notória no teor de água no solo, avaliado através das sondas capacitivas que apresentaram valores de humidade volumica superiores na modalidade SDI comparativamente à modalidade RDI.

A caracterização do estado hídrico da videira recorrendo a registos de potencial foliar, está dependente das condições atmosféricas no momento da sua medição tendo-se verificado que dos dois tipos de potencial hídrico medidos (potencial de base e diurno), o potencial de base mostrou ser aquele que manifestou uma menor dependência das condições atmosféricas durante a medição. Em geral, a modalidade RDI registou valores inferiores de potencial hídrico de base e diurnos comparativamente à modalidade SDI.

Relativamente à temperatura das folhas, observou-se que a modalidade RDI obteve valores de temperatura superiores às da modalidade SDI. Em ambas as modalidades, a folha exposta a poente foi a que registou maior temperatura comparativamente às folhas interior e exposta a nascente.

Verificou-se que a temperatura dos bagos foi superior na modalidade RDI comparativamente à modalidade SDI. A posição do cacho na sebe influenciou a sua temperatura tendo-se verificado que o cacho exposto a poente registou temperaturas superiores comparativamente aos cachos a nascente e interior, tendo este ultimo registado temperaturas intermédias relativamente às dos cachos expostos. Relativamente à posição do bago no cacho, o bago do lado exposto registou temperaturas superiores em relação ao bago do lado interior. Os bagos do cacho do interior da sebe registaram temperaturas similares às de ambos os bagos interiores dos cachos expostos.

O elevado coeficiente de determinação obtido na relação entre o ψ_b e a FTSW, permite considerar a FTSW como um robusto estimador do ψ_b e, assim, preconizar a sua utilização no apoio à gestão da rega da vinha, podendo substituir o ψ_b que é um método destrutivo, e que tem o grande inconveniente de ter de ser feito de madrugada.

Este estudo mostrou que através da utilização de sensores ambientais e da planta se consegue discriminar as modalidades de rega. Para além disso a informação obtida, quer ambiental quer da planta, constitui uma ferramenta muito útil para a gestão da rega deficitária, pois permite conjugar a informação da demanda atmosférica com o teor de água no solo e com as respostas fisiológicas das videiras, tornando a tomada de decisão mais robusta e permitindo um uso mais sustentável dos recursos hídricos. Mas por outro lado apenas permite saber quando se deve regar a vinha e não quanto regar.

A interpretação dos dados requer técnicos especializados, bem como para a instalação e utilização de todo o equipamento. Devido à sua complexidade e por ser uma técnica dispendiosa a nível do equipamento, a fitomonitorização tem ainda que evoluir de forma a aumentar a robustez dos dados obtidos. A utilização deste tipo de ferramentas não deve substituir o acompanhamento presencial do técnico no campo, pois estas duas formas aumentam a robustez das decisões a tomar.

Como perspetivas futuras, sugere-se que:

- Sejam feitas mais repetições para uma avaliação mais correta do estado hídrico das plantas;
- Alterar a estrutura física dos sensores das folhas e dos bagos, pois o material para a fixação destes à planta é bastante frágil tornando por vezes difícil uma recolha de dados contínua sem se perder informação,
- Se construa equipamento de baixo custo de forma a poder ser adquirido pelo maior número de agricultores para uma melhor gestão das suas vinhas.

6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFIAS

- Assis J. S.; Filho J. M. P.; Lima M. A. C. (2004). Aspectos da fisiologia da videira. Embrapa. Acedido em: 28, Abril, 2016 em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/154513/1/OPB1175.pdf>
- Barber, N., Taylor, C., Strick, S., 2009. Wine consumers' environmental knowledge and attitudes: Influence on willingness to purchase. *Int. J. Wine Res.* 1, 59–72.
- Barroso J.M.; Pombeiro, L. (2013). Técnicas culturais importantes para orientar a produtividade e a qualidade da viticultura no Alentejo. Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais Mediterrânicas no Alentejo, Universidade de Évora. Acedido em: 31, Março, 2016 em: <https://dspace.uevora.pt/rdpc/bitstream/10174/9858/1/tecnicas%20cult%20viti%20alentejo%202013.pdf>
- Blackmore, S. (1994). Precision farming: an introduction. *Outlook on Agriculture Journal (United Kingdom)*. Vol. 23, 1994, pp. 275-280.
- Bogart K. (2006). Three most common methods – measuring vine water status. *Practical Winery & Vineyard Magazine*. University of California. Acedido em: 26, Abril, 2016 em: <http://www.practicalwinery.com/NovDec06/novdec06p42.htm>
- Bravdo B.; Hepner Y.; Loinger C.; Tabacman H. (1985). Effect of irrigation and crop level on growth, yield and wine quality of Cabernet Sauvignon. *American Journal of Enology and Viticulture* **36**: 132–139.
- Bravdo, B.; Naor, A. (1996). Effect of water regime on productivity and quality of fruit and wine. *Acta Horticulturae*. 427: 15-26.
- Calbo A. G. (2000). Os dendrómetros seriam fitotensiómetros ou fitoturgómetros?. EMBRAPA/CNPH, Revista Brasileira Fisiologia Vegetal 12(2) 105-106.
- Carbonneau, A. (2001) Water Management in the vineyard, theory and practice. GESCO, Journée professionnelle : Gestion de l'eau dans le vignoble. Montpellier, 3-7 Julho 2001 AGRO Montpellier ISBN 2-900792-17-7.
- Carvalho T. (2015). A importância da monitorização do clima, solo e planta para a gestão da rega na vinha (*Vitis vinífera* L.). Dissertação de Mestrado em Viticultura e Enologia. Instituto Superior de Agronomia, Lisboa.
- Castro, R. (2010) A viticultura da Região dos Vinhos Verdes, Os primórdios e do virar do século à actualidade. Acedido em 10, Março, 2016 em: www.franciscogiraovitivinicola.com/lmgs/articles/article_11/rogerio_castro_pt.pdf
- Centeno A.; Baeza P.; Lissarrague J. P. (2010) Relationship between soil and plant water status in wine grapes under various water deficit regimes. *Hortechology*, 20 (3): 585-593.

- Chalmers, D. J.; Mitchell, P.D.; van Heek, L. (1981). Control of peach tree growth and productivity by regulated water supply, tree density and summer pruning. *Journal of the American Society for Horticultural Science*.106: 307-312.
- Champagnol, F. (1984). Elements de Physiologie de la vigne et de viticulture generale. Ed. Auteur, Montpellier, 354 pp. ISBN 2950061400
- Chaves M.M. (1986). Fotossíntese e repartição dos produtos de assimilação em *vitis vinifera* L. Tese de Doutoramento, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa.
- Chaves M.M.; Santos, T.P.; Souza C.R.; Ortuno M.F.; Rodrigues M.L.; Lopes C.M.; Maroco J.P.; Pereira, J.S. (2007). Deficit irrigation in grapevine improves water-use efficiency while controlling vigour and production quality. *Annals of Applied Biology*, 150 (2): 237-252.
- Chaves M.M.; Zarrouk O.; Francisco R.; Costa J.M.; Santos T.; Regalado A.P.; Rodrigues M.L.; Lopes C.M. (2010). Grapevine under deficit irrigation: hints from physiological and molecular data. *Annals of botany*, 105:661-676.
- Christ, K.L., Burritt, R.L., 2013. Critical environmental concerns in wine production:an integrative review. *J. Cleaner Prod.* 53: 232–242.
- Coipel J.; Lovelle B.R.; Van Leeuwen C. (2006). “Terroir” effect, as a result of environmental stress, depends more on soil depth than soil type (*Vitis Vinifera*, L. cv. Grenache Noir, Côtes du Rhône, France, 2000). *J. Int. Sci. Vigne Vin*, 40 (4): 177-185.
- Costa J. (2007). Deficit Irrigation as a Strategy to save Water: Physiology and Potential Application to Horticulture. *Journal of Integrative Plant Biology*, 49(10): 1421 – 1434.
- Costa, J. M., Grant, O. M., & Chaves, M. M. (2013). Thermography to explore plant–environment interactions. *Journal of experimental botany*, 64(13), 3937-3949.
- Costa JM , Vaz MM, Escalona J, Egipto R, Lopes C, Chaves M (2016). Modern viticulture in southern Europe: vulnerabilities and strategies for adaptation to water scarcity. *Agricultural Water Management*. 164: 5–18.
- Coombe B. G. (1986). Influence of temperature on composition and quality of grapes. *Acta Horticulturae*, Davis, 206: 23-35. (Symposium on Grapevine Canopy and Vigor Management).
- Cruz, R. (2013). A fitomonitorização como ferramenta de apoio à gestão da rega deficitária na vinha. Dissertação para a obtenção do grau de Mestre em Viticultura e Enologia, Instituto Superior de Agronomia.
- CVRDAO, (2016). Castas – Touriga nacional. Consultado em: 1, Maio, 2016 em: http://www.cvrdao.pt/ver_castas.asp?idcasta=8
- CWSA, 2011. Introduce Performance Metrics for Sustainable wine growing Data to Determine Industry Averages for Water, Energy and Nitrogen Use. California Sustainable Winegrowing Alliance, <https://www.wineinstitute.org/files/CSWAPerformance Metrics Winter 2011-12.pdf>.

Dokoozlian N.K.; Kliewer W.M. (1996). Influence of light on grape berry growth and composition varies during fruit development. *Journal of the American Society of Horticultural Science* 121: 869–874.

Dry P.; Loveys B.R. (1998). Factors influencing grapevine vigour and the potential for control with partial rootzone drying. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 4: 140–148.

Dry, P.R.; Loveys, B.R. (1999). Grapevine shoot growth and stomatal conductance are reduced when part of the root system is dried. *Vitis*. 38(4): 151-156.

Dry, P.R.; Loveys, B.R.; McCarthy, M.G.; Stoll, M. (2001). Strategic irrigation management in Australian vineyards. *J. Int. Science Vigne Vin*, 35:129-139.

Egipto R. (2011). Efeito da disponibilidade hídrica no desenvolvimento vegetativo, produção e qualidade do mosto na casta Aragonez (*Vitis vinífera*, L.). Tese de Mestrado. ISA-UTL, FC-UP. Lisboa.

Egipto R.; Barriguinha A.; Silvestre J.; Carvalho N.; Neto M.; Costa M.; Lopes C.M. (2016). A Fito-monitorização como ferramenta de apoio à gestão da rega deficitária na vinha – estudo de caso no Alentejo. Acta do 10º Simpósio de Viticultura do Alentejo, 2º volume, Évora, 4-5-6 Maio, 7-14.

Etchebarne F.; Ojeda H.; Deloire A. (2009) Grape berry mineral composition in relation to vine water status and leaf area/fruit ratio. In: Roubelakis-Angelakis K.A. (2009) *Grapevine Molecular Physiology and Biotechnology*, 2nd edn., Springer Science.

Fereres E., Evans R. G. (2006) Irrigation of fruit trees and vines: an introduction. *Irrigation Science*, 24: 55-57.

Fernández J. E.; Green S. R.; Caspari H. W.; Díaz-Espejo A.; Cuevas M. V. (2008) The use of sap flow measurements for scheduling irrigation in olive, apple and Asian pear trees and in grapevines. *Plant and Soil*, 305: 91-104.

Fernández J.E., Moreno F., Martín-Palome M.J., Cuevas M.V., Torres-Ruiz J.M., Moriana A. (2011) Combining sap flow and trunk diameter measurements to assess water needs in mature olive orchards. *Environmental and Experimental Botany*, 72: 330-338.

Garrido J.; Mota T. (2004). Manual Técnico, Comissão de Viticultura da Região dos Vinhos Verdes. EVAG, Arcos de Valdevez. ISBN: 977-97940-3-0.

Gaudillère, J.P., Van Leeuwen, C., Ollat, N. 2002. Carbon isotope composition of sugars in grapevine, an integrated indicator of vineyard water status. *Journal of Experimental Botany*, 53 (369): 757-763.

Ghira C. (2004). Os vinhos da Estremadura. Enciclopedia dos vinhos de Portugal. Chaves Ferreira 1ª edição. ISBN 9789729402944

Gamon J.A., Pearcy R.W. (1990) Photoinhibition in *Vitis californica*. The role of temperature during high-light treatment. *Plant Physiology*, 92: 487-494.

Geiger D.R., Servaites J.C. (1991) Carbon allocation and responses to stress. *Response of Plants to Multiple Stresses*: 103–127. San Diego: Academic Press.

Goode J., Harrop S. (2011) *Authentic Wine – toward natural and sustainable winemaking*. University of California Press. ISBN 978-0-520-26563-9

Granier A. (1985) Une nouvelle method pour la mesure du flux de sève brute dans le tronc des arbres. *Annals of Forest Science*, 42: 193-200.

Gurovich L. A. and Alvarez R. (2007). An Expert System and Decision Support Tool to Interpret Phytomonitoring Information in Fruit Bearing Woody plants. Acedido em: 23, Abril, 2016, em: <http://www.efita.net/apps/accesbase/bindocload.asp?d=6181&t=0&identobj=jmAdHUCG&uid=57305290&sid=57&idk=1>

Hendrickson L., Ball M.C., Osmond C.B., Furbank R.T., Chow W.S. (2003) Assessment of photoprotection mechanisms of grapevines at low temperature. *Functional Plant Biology*, 30: 631-642.

Hoogenboom, G., Tsuji, G. Y., Pickering, N. B., Curry, R. B., Jones, J. W., Singh, U., & Godwin, D. C. (1995). Decision support system to study climate change impacts on crop production. *Climate change and agriculture: Analysis of potential international Impacts*, (climatechangean), 51-75.

Inês, D. (2011). A fitomonitorização como ferramenta no estudo do impacto das alterações climáticas em viticultura. Dissertação para a obtenção do grau Mestre em Engenharia Agronómica, Instituto Superior de Agronomia.

Infovini, (2016). Conhecer – Como se faz um vinho, Cultura da vinha. Acedido em: 30, Março, 2016, em: <http://www.infovini.com/classic/pagina.php?codPagina=7>.

Infovini (2016). Castas – Touriga Nacional. Consultado em: 1, Maio, 2016 em: <http://www.infovini.com/classic/pagina.php?codPagina=45&codCasta=21&flash=1>

Instituto do Vinho e da Vinha (2011). Catálogo das Castas para Vinho Cultivadas em Portugal. 1ª Edição, Chaves Ferreira-Publicações SA. Lisboa.

Instituto da Vinha e do Vinho (2016) Regiões – Alentejo. Acedido em: 4, Abril, 2016 em: <http://www.ivv.min-agricultura.pt/np4/56>

Instituto do Vinho e da Vinha, (2016). Descritivo de castas – Touriga Nacional. Consultado em: 17, Maio, 2016 em: <http://www.ivv.min-agricultura.pt/np4/np4/362.html>

Ipma, (2016). Normais Climatológicas – Classificação Climática de Köppen. Acedido em: 3, Abril, 2016 em: <https://www.ipma.pt/pt/oclima/normais.clima/>

Jones G.V.; Davis R.E. 2000. Climate influences on grapevine phenology, grape composition, and wine production and quality for Bordeaux, France. *American Journal of Enology and Viticulture* 51: 249–261.

Jones G. V. (2007). Climate change: observations, projections, and general implications for viticulture and wine production. *Climate and Viticulture Congress sponsored*. International Organization of Vine and Wine (OIV), Zaragoza, Spain, 10-14 April 2007. pp. 55 – 66. Acedido em: 18, Março, 2016, em: <http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/anais/cbve12/56-67.pdf>.

Kerridge G., Gackle A. (2005) Vines for Wines – A wine lover's guide to the top wine grape varieties. Collingwood: CSIRO PUBLISHING. ISBN 0 643 09066 5.

Leinonen I., Grant O.M., Tagliavia C.P.P., Chaves M.M., Jones H.G. (2006) Estimating stomatal conductance with thermal imagery. *Plant, Cell and Environment*, 29: 1508-1518.

Lu P., Urban L., Ping Z. (2004) Granier's Thermal Dissipation Probe (TDP) Method for Measuring Sap Flow in Trees: Theory and Practise. *Acta Botanica Sinica*, 46 (6): 631-646.

Lopes C. (2001). Influencia dos sistemas de condução no microclima do coberto, vigor e produtividade da videira (*Vitis vinífera* L.). Relatório de Doutoramento Engenharia Agrónoma. Instituto Superior de Agronomia. Lisboa.

Lopes C.(2008). Rega da Vinha. I Conferências da Tapada, CBAA, Instituto Superior de Agronomia/Universidade Técnica de Lisboa, 20-30 Outubro 2008.

Lopes C., Costa JM, Monteiro A, Egipto R et al (2014). Varietal behavior under water and heat stress. .Proceedings of the Congress of OENOVITI INTERNATIONAL network, Germany, 3-4 November 2014, pp. 50-56.

Lorenz D. H.; Eichhorn K. W.; Bleiholder H.; Klose R.; Meier U.; Weber E. (1995) Growth stages of the grapevine. Phenological growth stages of the grapevine (*Vitis vinifera* L. spp. *vinifera*) – Codes and descriptions according to the extended BBCH scale. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 1: 100-103.

Loveys B.R. - Factors influencing grapevine vigour and the potential for control with partial rootzone drying - *Australian Journal of Grape and Wine Research* Volume 4, Issue 3, pages 140–148, October 1998.

Magalhães N.P. (2008). *Tratado de Viticultura – A videira, a vinha e o “terroir”*. 1ª ed. Lisboa: Chaves Ferreira Publicações S.A., 2008. ISBN: 978-972-8987-15-2.

Majer P. (2013). Measuring Photosynthesis by Gas Exchange Systems (LI – 6400).

Acedido em: 28, Abril, 2016 em: http://www.plant-phenotyping-network.eu/lw_resource/datapool/_items/item_198/co2_handout.pdf

Marshall, R.S., Cordano, M., Silverman, M., 2005. Exploring individual and institutional drivers of proactive environmentalism in the US wine industry. *Bus. Strategy Environ.* 14 (2), 92–109.

Matthews M.A.; Anderson M.M. (1988). Fruit Ripening in *Vitis vinifera* L.: Responses to Seasonal Water Deficits. *American Journal Enol. Vitic.* 39 (4): 313-320.

Matthews, M.A., Anderson, M.M. (1989). Reproductive Development in Grape (*Vitis vinifera* L.): Responses to Seasonal Water Deficits. *American Journal Enol. Vitic.* 40 (1): 52-60.

McCarthy M.G.; Loveys B.R.; Dry P.R.; Stoll M. (2002). Regulated deficit irrigation and partial rootzone drying as irrigation management techniques for grapevines. *FAO Water Reports* 22: 79–87.

Medrano H.; Escalona J.M.; Cifre J.; Bota J.; Flexas J. (2003). A ten-year study on the physiology of two Spanish grapevine cultivars under field conditions: effects of water availability from leaf photosynthesis to grape yield and quality. *Functional Plant Biology* 30: 607–619.

Natureza, (2015). *Sob nível record de CO2, planeta deve atingir aumento de um grau neste ano*. Acedido em: 18, Março, 2016, em: (<http://g1.globo.com/natureza/noticia/2015/11/sob-nivel-recorde-de-co2-planeta-deve-atingir-aumento-de-1c-neste-ano.html>)

Moffat T.F. (2013) Sensor technology to assess grape bunch temperature variability in *Vitis vinifera* L. cv. Shiraz. Stellenbosch University. Stellenbosch.

Nilov N.G. (1993). The main task of phytomonitoring in viticulture. *Vinogradarstvo i Vinodelie (rus.)*. 11: 19-25.

Ojeda, H. (2007). Riego cualitativo de precisión en vid. *Congreso sobre Clima y Viticultura*, Zaragoza, 10-14 Abril 2007, pp. 310-316.

Ojeda, H.; Deloire, A.; Carbonneau, A. (2001). Influence of water deficits on grape berry growth. *Vitis*, 40 (3): 141 – 145.

Ortuño M.F., García-Orellana Y., Conejero W., Ruiz-Sánchez M.C., Alarcón J.J., Torrecillas A. (2006) Stem and leaf water potentials, gas exchange, sap flow, and trunk diameter fluctuations for detecting water stress in lemon trees. *Trees*, 20: 1-8.

Pellegrino A.; Gozé E.; Lebon E. e Wery J. 2006. A model-based diagnosis tool to evaluate the water stress experienced by grapevine in field sites. *Europ. J. Agronomy*, 25: 49-59.

Pinto P.A.; Lopes C.; Braga R.; Egipto R. (2013). SIAMVITI - Viticultura portuguesa num cenário de alterações climáticas: Impactos e medidas de adaptação". *Enovitis* 34: 26-29.

Prichard T. (2003). Winegrape irrigation scheduling using deficit irrigation techniques. Consultado em: 3, Abril, 2016 em: cesanjoaquin.ucanr.edu/files/35706.pdf

Prichard T., Hanson B., Schwankl L., Verdegaaal P., Smith R. (2004) Deficit irrigation of quality winegrapes using micro-irrigation techniques. University of California, Cooperative Extension: Oakland, California.

Sadras V.O., Montoro A., Moran M.A., Aphalo P.J. (2012) Elevated temperature altered the reaction norms of stomatal conductance in field-grown grapevine. *Agricultural and Forest Meteorology*, 165: 35-42.

Sadras V.O., Moran M.A. (2012) Elevated temperature decouples anthocyanins and sugars in berries of Shiraz and Cabernet Franc. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 18: 115-122.

Santos T. P.; Lopes C. M.; Rodrigues M. L.; Souza C. R.; Ricardo-da-Silva J. M.; Maroco J. P.; Pereira J. S.; Chaves M.M. (2005). Effects of partial root-zone drying irrigation on cluster microclimate and fruit composition of field-grown Castelão grapevines. *Vitis*. 44(3): 117-125.

Santos T. (2006). Influência da rega da videira (*Vitis vinífera* L.) nas relações hídricas, crescimento, quantidade e qualidade da produção. Relatório de fim de curso de Engenharia Agronômica, Instituto Superior de Agronomia.

Santos T.; Lopes C.; Rodrigues M.L. (2003). Partial rootzone drying effects on growth and fruit quality of field-grown grapevines (*Vitis vinifera*). *Functional Plant Biology* 30: 663–671.

Scholander P. F.; Hammel H. T.; Hemmingsen E. A.; Bradstreet E. D. (1965) Hydrostatic pressure and osmotic potential in leaves of mangroves and some other plants. *National Academy of Science*, 52: 119-125.

Silva C. R.; Andrade J.A.S.; SOUZA C. F. (2008). Aspectos práticos na utilização da técnica de capacitância: desafios e aprendizagem. In: II Workshop de Aplicações de Técnicas Eletromagnéticas para o Monitoramento Ambiental. Taubaté-SP, 2008. Consultado em: 28, Abril, 2016 em: <http://www.cpamn.embrapa.br/soloaguaclima/doc/Aderson/CLs/CL1.pdf>

Smart R.E.; Robinson M. (1991). Sunlight into wine – A Handbook for Winegrape Canopy Management. Winetitles, Adelaide. ISBN 978-1875130108.

Smart R.E., Dick J.K., Gravett I.M., Fisher B.M. (1990) Canopy management improve grape yield and wine quality – Principles and practices. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 11 (1): 3-17.

Soar, C. J.; Dry, P.R.; Loveys, B. R. (2006). Scion photosynthesis and leaf gas exchange in *Vitis vinifera* L. cv. Shiraz: mediation of rootstock effects via xylem sap ABA. *Australian Journal of Grape and wine Research*. 12: 82-96.

Souza C.R.; Maroco J.P.; Santos T.P.; Rodrigues M.L.; Lopes C.; Pereira J.S.; Chaves M.M. (2005). Control of stomatal aperture and carbon uptake by deficit irrigation in two grapevine cultivars. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 106: 261-274.

Sousa M.; Pereira C.; Guerra J.; Abade E. (2007). *Caracterização de Castas Cultivadas na Região Vitivinícola de Trás-os-Montes - Sub-regiões de Chaves, Planalto Mirandês e Valpaços*. DRAPN. Mirandela. ISBN 978-972-8506-71-1 Consultado em: 1, Maio, 2016 em: http://www.drapn.min-agricultura.pt/drapn/conteudos/fil_trab/Castas_Tr%C3%A1s-os-Montes.pdf

Tom Y. and Kopyt M. (2003). PhyTech Ltd., Yad Mordekhai, Israel - *Submitted for publication in proceedings of the 4-th International Symposium on Irrigation of Horticultural Crops. September 1-6, 2003. Davis, California, USA.*

Van Leeuwen, C., Trégoat, O., Choné, X., Jaeck, M.E., Rabusseau, S., Gaudillère, J.-P., 2003. Le suivi du régime hydrique de la vigne et son incidence sur la maturation du raisin. *Bull de l'O.I.V.*, 76 (867-868): 369-379.

Vogel S. (2009). Leaves in the lowest and highest winds: temperature, force and shape. *New Phytologist*, 183: 13-26.

Webb L.B.; Whetton P.H.; Barlow E.W.R. (2007). Modelled impact of future climate change on the phenology of winegrapes in Australia. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 13: 165–175.

White R.E. (2003). Soils for fine wines. New York: Oxford University Press. ISBN 0-19-514102-4.

Wolf B. (1996). Diagnostic techniques for improving crop production. New-York, London, Haworth Press, 401.

http://www.tecnallab.com.br/padrao.aspx?medidores_de_potencial_hidrico_da_planta_content_lst_2205__.aspx

<http://www.flir.com/corporate/display/?id=41523>

<https://www.esporao.com/pt-pt/sobre/gestao-dos-recursos/sustentabilidade-compromissos.html/> . Acedido em 14, Agosto, 2016.

<http://www.vinetowinecircle.com/regioes/alentejo/> Acedido em: 30 Março de 2016

http://www.vinhosdoalentejo.pt/detalhe_conteudo.php?id=16 Acedido em: 30 Março de 2016.

<http://www.infovini.com/pagina.php?codNode=3907> Acedido em: 30 Março de 2016.

<http://www.gastronomias.com/vinhos/alentejo.htm> Titulo: Alentejo. Acedido em: 30 Março de 2016.

<http://www.thermocoupleinfo.com> Acedido em: 13 Setembro de 2016.

<http://uavision.wixsite.com/uavisionearthscience/produtos1> Acedido em: 13 Setembro de 2016

<http://www.tradeindia.com/fp667816/Digital-Leaf-Temperature-Sensor.html>

http://www.solfranc.com/images/pdfs/sensores_en/sf_leaf_temperature_sensor_probe_solfranc_en.pdf

Anexos

Anexo 1

Grapevine Lorenz et al., 1994

Phenological growth stages and BBCH-identification keys of grapevine (*Vitis vinifera* L. ssp. *vinifera*)

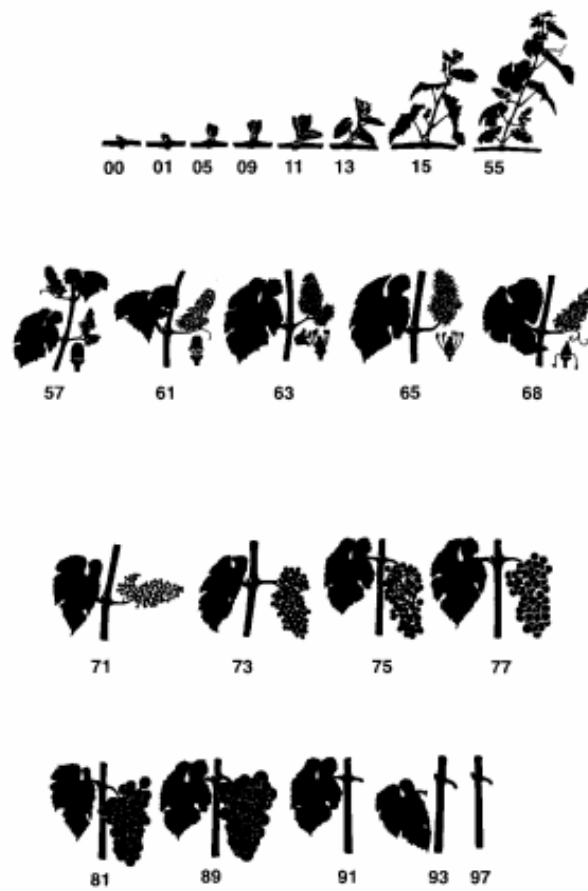
Code	Description
Principal growth stage 0: Sprouting/Bud development	
00	Dormancy: winter buds pointed to rounded, light or dark brown according to cultivar; bud scales more or less closed according to cultivar
01	Beginning of bud swelling: buds begin to expand inside the bud scales
03	End of bud swelling: buds swollen, but not green
05	"Wool stage": brown wool clearly visible
07	Beginning of bud burst: green shoot tips just visible
08	Bud burst: green shoot tips clearly visible
Principal growth stage 1: Leaf development	
11	First leaf unfolded and spread away from shoot
12	2nd leaves unfolded
13	3rd leaves unfolded
1 .	Stages continuous till . . .
19	9 or more leaves unfolded
Principal growth stage 5: Inflorescence emerge	
53	Inflorescences clearly visible
55	Inflorescences swelling, flowers closely pressed together
57	Inflorescences fully developed; flowers separating
Principal growth stage 6: Flowering	
60	First flowerhoods detached from the receptacle
61	Beginning of flowering: 10% of flowerhoods fallen
62	20% of flowerhoods fallen
63	Early flowering: 30% of flowerhoods fallen
64	40% of flowerhoods fallen
65	Full flowering: 50% of flowerhoods fallen
66	60% of flowerhoods fallen
67	70% of flowerhoods fallen
68	80% of flowerhoods fallen
69	End of flowering

Grapevine Lorenz et al., 1994

Phenological growth stages and BBCH-identification keys of grapevine

Code	Description
Principal growth stage 7: Development of fruits	
71	Fruit set: young fruits begin to swell, remains of flowers lost
73	Berries goat-sized, bunches begin to hang
75	Berries pea-sized, bunches hang
77	Berries beginning to touch
79	Majority of berries touching
Principal growth stage 8: Ripening of berries	
81	Beginning of ripening: berries begin to develop variety-specific colour
83	Berries developing colour
85	Softening of berries
89	Berries ripe for harvest
Principal growth stage 9: Senescence	
91	After harvest; end of wood maturation
92	Beginning of leaf discolouration
93	Beginning of leaf-fall
95	50% of leaves fallen
97	End of leaf-fall
99	Harvested product

Grapevine



© 1994: BASF

Anexo 2

	REGA (mm)			kc = 0.7				
	T.NAC		15-5-2015 a 24-8-2015					
DIA	SDI	RDI	Refective _{acum}	ET ₀ _{acum}	ET _c _{acum}			
15-05-2015	6.0	6.0	0.0	6.5	4.5			
21-05-2015	6.0	6.0	0.0	37.8	26.5			
28-05-2015	8.2	5.0	0.0	42.5	29.8	Rega SDI feita com torneiras da 2ª rampa aberta		
03-06-2015	8.2	5.0	0.0	39.4	27.5	Rega SDI feita com torneiras da 2ª rampa aberta		
10-06-2015	8.2	5.0	0.0	40.2	28.1	Rega SDI feita com torneiras da 2ª rampa aberta		
17-06-2015	8.2	5.0	5.2	30.7	21.5	Rega SDI feita com torneiras da 2ª rampa aberta		
24-06-2015	8.2	5.0	0.0	48.0	33.6	Rega SDI feita com torneiras da 2ª rampa aberta		
28-06-2015	8.2	5.0	0.0	29.1	20.4	Rega SDI feita com torneiras da 2ª rampa aberta		
01-07-2015	15.2	10.0	0.0	19.5	13.6	Rega SDI feita com torneiras da 2ª rampa aberta		
09-07-2015	9.3	6.0	0.0	58.8	41.1	Rega SDI feita com torneiras da 2ª rampa aberta		
13-07-2015	8.2	5.0	0.0	28.4	19.9	Rega SDI feita com torneiras da 2ª rampa aberta		
17-07-2015	8.2	5.0	0.0	28.6	20.0	Rega SDI feita com torneiras da 2ª rampa aberta		
24-07-2015	8.2	5.0	0.0	50.7	35.5	Rega SDI feita com torneiras da 2ª rampa aberta		
27-07-2015	8.2	5.0	0.0	21.4	15.0	Rega SDI feita com torneiras da 2ª rampa aberta		
31-07-2015	8.2	5.0	0.0	26.9	18.8	Rega SDI feita com torneiras da 2ª rampa aberta		
07-08-2015	8.2	5.0	0.0	42.9	30.0	Rega SDI feita com torneiras da 2ª rampa aberta		
10-08-2015	8.2	5.0	0.0	15.1	10.5	Rega SDI feita com torneiras da 2ª rampa aberta		
14-08-2015	7.6	5.0	0.0	22.8	16.0	Rega SDI feita com torneiras da 2ª rampa aberta		
17-08-2015	8.2	5.0	0.0	17.0	11.9	Rega SDI feita com torneiras da 2ª rampa aberta		
24-08-2015	8.2	3.0	0.0	35.4	24.8	Rega RDI foi metade do tempo de rega de SDI (regou das 13 às 16h)		
Sum	166.6	106.0	5.2	641.6	449.1			
	171.8	111.2						
% ETc (only Irr)	0.37	0.24						
% ETc (Irr+Rain)	0.38	0.25						